

| | |
|-----------------|---|
| publiziert bei: |  AWMF online Das Portal der wissenschaftlichen Medizin |
|-----------------|---|

| | | | |
|-------------------|---------|---------|----|
| AWMF-Register Nr. | 151/005 | Klasse: | S3 |
|-------------------|---------|---------|----|

Epidurale Injektionen bei degenerativen Erkrankungen

S3-Leitlinie

der

Deutschen Wirbelsäulengesellschaft e. V.



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 Neurologie (DGN)

Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie (DGNC)

Deutsche Gesellschaft für Neuroradiologie (DGNR)

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

Deutsche Röntgengesellschaft (DRG)

Deutsche Schmerzgesellschaft e. V.

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

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

Deutscher Verband für Physiotherapie



Bitte wie folgt zitieren:

Klessinger S, Wiechert K, Deutsche Wirbelsäulengesellschaft. S3-Leitlinie Epidurale Injektionen bei degenerativen Erkrankungen. Version 01, 2025. Verfügbar unter: <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/151-005>. Zugriff am (DATUM)

Die wichtigsten Empfehlungen auf einen Blick

Definition

1. Es gibt drei verschiedenen Zugangswege zum Epiduralraum (transforaminal, interlaminär und kaudal), die bezüglich Indikation, Wirksamkeit, Risiken und Durchführung unterschieden werden **sollen**.
2. Unter dem Begriff periradikuläre Therapie und der Abkürzung PRT versteht man eine bildgeführte transforaminale Injektion in den Epiduralraum an eine definierte Nervenwurzel.
3. Bei einer transforaminalen Injektion **sollte** das Kontrastmittel bzw. das Medikament den präganglionären Epiduralraum erreichen.
4. Bei einer interlaminären Injektion **sollte** das Medikament den ventralen Epiduralraum erreichen.

Nutzenbewertung

5. Eine transforaminale diagnostische Injektion **kann** zur Identifikation einer schmerzhaften Nervenwurzel durchgeführt werden.
6. Eine diagnostische transforaminale Injektion **sollte** ausschließlich mit einer kleinen Menge Lokalanästhesie (0,2–0,3 ml) durchgeführt werden.
7. Transforaminale therapeutische Injektionen unter Durchleuchtung **können** bei radikulären Beschwerden ausgehend von der HWS erwogen werden.
8. Transforaminale therapeutische Injektionen unter Durchleuchtung **sollten** bei radikulären Schmerzen durch einen lumbalen Bandscheibenvorfall angeboten werden.
9. Interlaminäre Injektionen unter Durchleuchtung **können** bei radikulären Beschwerden ausgehend von der HWS erwogen werden.
10. Interlaminäre Injektionen **können** bei radikulären Beschwerden ausgehend von der LWS erwogen werden.
11. Interlaminäre Injektionen **sollten nicht** bei Rückenschmerzen ohne morphologisches Korrelat bzw. ohne radikuläre Komponente durchgeführt werden.

12. Interlaminäre Injektionen an der LWS **sollten** mit einem bildgebenden Verfahren durchgeführt werden, wenn die technischen Voraussetzungen dafür gegeben sind.
13. Eine kaudale Injektion **kann** bei Lumboischialgien erwogen werden.
14. Eine kaudale Injektion **sollte** mit einem bildgebenden Verfahren durchgeführt werden.

Voraussetzungen

15. Eine epidurale Injektion **kann** bei akuten, subakuten und chronischen Schmerzen durchgeführt werden. Eine für jeden Patienten individuelle Entscheidung über den Zeitpunkt, wann eine epidurale Injektion angeboten wird, ist notwendig.
16. Bei Patienten mit chronischen Schmerzen **sollte** vor einer epiduralen Injektion eine medikamentöse Therapie sowie Physiotherapie erfolgt sein.
17. Bei Patienten mit chronischen Schmerzen **sollte** die epidurale Injektion in ein interdisziplinäres Gesamtkonzept eingebettet werden basierend auf dem biopsychosozialen Modell.

Durchführung

18. Goldstandard für transforaminale und interlaminäre Injektionen ist die Durchleuchtung. Transforaminale Injektionen (PRT) und interlaminäre Injektionen an der HWS und LWS **sollten** unter Durchleuchtung durchgeführt werden.
19. Für eine transforaminale und interlaminäre Injektion **kann** die CT oder der Ultraschall verwendet werden.
20. Wenn die CT als bildgebendes Verfahren verwendet wird, **kann** eine CT-Fluoroskopie mit Verzicht auf einen Planungs-Scan erfolgen.
21. Kaudale epidurale Injektionen **sollten** mit Durchleuchtung erfolgen.
22. Für eine kaudale Injektion **kann** Ultraschall verwendet werden.
23. Eine Sedierung, bei der der Patient ansprechbar ist, **kann** bei einer epiduralen Injektion unter adäquatem Monitoring durchgeführt werden.
24. Bei der Planung des Zugangs zu einer transforaminalen Injektion der LWS (PRT) **soll** neben dem klassischen subpedikulären (supraneuralen) Zugang auch der infraneurale Zugang berücksichtigt werden.

25. Bei einem interlaminären Zugang an der HWS oder LWS **soll** ein parasagittaler Zugang verwendet werden.
26. Zur Erkennung der Nadeltiefe und der Ausbreitung des Kontrastmittels bei einem interlaminären Zugang unter Durchleuchtung **sollte** ein contralateral oblique view herangezogen werden.
27. Eine zervikale interlaminäre Injektion **sollte** in der Etage Hw7/Bw1 bzw. nicht cranial von Hw6/7 durchgeführt werden.
28. Eine Mischung aus Ropivacain mit Dexamethason **soll nicht** für eine epidurale Injektion verwendet werden, da sich Kristalle bilden, die bei intraarterieller Injektion zu Embolien führen können.
29. Eine Empfehlung dafür, ob Kortison bei einer epiduralen Injektion die Wirksamkeit verbessert und in welcher Dosierung es verwendet wird, kann nicht gegeben werden.
30. Für eine transforaminale Injektion an der Halswirbelsäule **soll** ausschließlich nicht-kristallines Kortison (z. B. Dexamethason) verwendet werden.
31. Für eine transforaminale Injektion an der Lendenwirbelsäule **sollte** ein nicht-kristallines Kortison (z. B. Dexamethason) die erste Wahl sein.
32. Für die epidurale Anwendung **sollten** Kortisonpräparate ohne Konservierungsstoffe (wie z. B. Benzylalkohol) bevorzugt werden.
33. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der Leitlinie sind Kortisonpräparate nicht für eine epidurale Anwendung (interlaminär, transforaminal, periradikulär, PRT) zugelassen. Die Anwendung ist somit off-label.
34. Bei interlaminären Injektionen besteht ein nicht zu vernachlässigendes Risiko eines epiduralen Hämatoms.
35. Bei einer epiduralen Injektion **soll** eine individuelle Risiko/Nutzen Abwägung für jeden einzelnen Patienten getroffen werden bezüglich Fortführen oder Absetzen der Antikoagulantien oder Thrombozytenaggregationshemmer.

Komplikationen

36. Komplikationen nach epiduralen Interventionen sind insgesamt sehr selten, es sind aber sehr schwere Komplikationen in Fallberichten in der Literatur beschrieben.

37. Die vorhandene Bildgebung (insbesondere MRT) **soll** vor einer epiduralen Injektion bezüglich anatomischer Besonderheiten (z. B. Verlauf der Arteria vertebralis) ausgewertet werden.
38. Nach einer Intervention **soll** der Patient neurologisch untersucht und überwacht werden, um frühe Komplikationen zu erkennen.
39. Es **sollte** eine Rückmeldung des Patienten (persönlich, schriftlich, telefonisch) innerhalb der ersten 14 Tage nach der Intervention erfolgen, um späte Komplikationen zu erkennen.

Vergleich der Zugangswege

40. Bei radikulären Beschwerden ausgehend von der HWS **kann** sowohl ein transforaminaler Zugang als auch ein interlaminärer Zugang in Betracht gezogen werden.
41. Bei radikulären Beschwerden ausgehend von der LWS **kann** ein transforaminaler Zugang vor einem interlaminären Zugang bevorzugt verwendet werden.

Wiederholung

42. Eine Wiederholung derselben epiduralen Injektion **sollte** nur bei zuvor positivem Ansprechen (z. B. Reduktion der VAS um mindestens 2 Punkte) mit nicht ausreichender Wirkung oder wiederkehrenden Beschwerden im Abstand von mindestens 1–3 Wochen zur vorherigen Injektion erfolgen.
43. Eine Wiederholung derselben Injektion, ohne dass die vorherige Injektion eine Wirkung gezeigt hat oder Serien von Injektionen ohne Beurteilung der Wirkung zwischen den Injektionen **sollten nicht** durchgeführt werden.
44. Die Anzahl der Injektionen **sollte** unter Berücksichtigung der maximalen Dosis von 200 mg (3 mg/kg Körpergewicht) Methylprednisolon-Äquivalent/Jahr limitiert werden.

Versorgungsaspekte

45. Eine epidurale Injektion **kann** sowohl im Rahmen einer ambulanten Versorgungsform als auch im Rahmen eines stationären Aufenthaltes erfolgen.

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| HERAUSGEBENDE FACHGESELLSCHAFT | 2 |
| DIE WICHTIGSTEN EMPFEHLUNGEN AUF EINEN BLICK | 4 |
| 1. GELTUNGSBEREICH UND ZWECK | 10 |
| 1.1. ZIELSETZUNG UND FRAGESTELLUNG | 10 |
| 1.2. VERSORGBEREICH | 11 |
| 1.3. PATIENTENZIELGRUPPE | 11 |
| 1.4. ADRESSATEN | 11 |
| 1.5. WEITERE DOKUMENTE DIESER LEITLINIE | 12 |
| 2. GRUNDLAGEN | 13 |
| 3. DEFINITION | 15 |
| 3.1. FRAGE 1: WIE SIND EPIDURALE INJEKTIONEN DEFINIERT? | 15 |
| 4. NUTZENBEWERTUNG | 20 |
| 4.1. FRAGE 2: WELCHE INDIKATIONEN UND WELCHE EVIDENZ GIBT ES FÜR DIAGNOSTISCHE TRANSFORAMINALE EPIDURALE INJEKTIONEN? | 21 |
| 4.2. FRAGE 3: WELCHE INDIKATIONEN UND WELCHE EVIDENZ GIBT ES FÜR THERAPEUTISCHE TRANSFORAMINALE INJEKTIONEN (PRT)? | 23 |
| 4.3. FRAGE 4: WELCHE INDIKATIONEN UND WELCHE EVIDENZ GIBT ES FÜR INTERLAMINÄRE INJEKTIONEN? | 27 |
| 4.4. FRAGE 5: WELCHE INDIKATIONEN UND WELCHE EVIDENZ GIBT ES FÜR KAUDALE INJEKTIONEN? | 34 |
| 5. VORAUSSETZUNGEN | 39 |
| 5.1. FRAGE 6: IST EINE NICHT-INTERVENTIONELLE, KONSERVATIVE THERAPIE VORAUSSETZUNG VOR EINER EPIDURALEN INJEKTION? | 39 |
| 6. DURCHFÜHRUNG | 43 |
| 6.1. FRAGE 7: WELCHES BILDGEBENDE VERFAHREN IST FÜR DIE DURCHFÜHRUNG EINER EPIDURALEN INJEKTION NOTWENDIG? | 43 |
| 6.2. FRAGE 8: WAS GIBT ES BEI DER TECHNISCHEN DURCHFÜHRUNG EINE EPIDURALEN INJEKTION ZU BEACHTEN? | 51 |
| 6.3. FRAGE 9: WELCHE MEDIKAMENTE SIND FÜR EINE EPIDURALE INJEKTION GEEIGNET? | 56 |
| 6.4. FRAGE 10: MÜSSEN ANTIKOAGULANTIEN UND THROMBOZYTENAGGREGATIONSHEMMER VOR EINER EPIDURALEN INJEKTION ABGESETZT WERDEN? | 66 |
| 7. KOMPLIKATIONEN | 71 |
| 7.1. FRAGE 11: SIND EPIDURALE INJEKTIONEN SICHER? WAS SIND TYPISCHE KOMPLIKATIONEN? | 71 |
| 8. VERGLEICH DER ZUGANGSWEGE | 77 |
| 8.1. FRAGE 12: GIBT ES UNTERSCHIEDLICHE INDIKATIONEN UND EVIDENZEN FÜR EINE INTERLAMINÄRE, KAUDALE ODER TRANSFORAMINALE INJEKTION? | 77 |
| 9. WIEDERHOLUNG | 82 |
| 9.1. FRAGE 13: WANN IST EINE WIEDERHOLUNG EINER EPIDURALEN INJEKTION SINNVOLL? | 82 |
| 10. VERSORGUNGSASPEKTE | 85 |
| 10.1. FRAGE 14: WELCHE VERSORGUNGSASPEKTE GILT ES BEI EINER EPIDURALEN INJEKTION ZU BERÜCKSICHTIGEN? | 85 |

| | | |
|------------|--|-----------|
| 11. | WICHTIGE FORSCHUNGSFRAGEN | 88 |
| 12. | ZUSAMMENSETZUNG DER LEITLINIENGRUPPE | 89 |
| 12.1. | LEITLINIENKOORDINATOREN | 89 |
| 12.2. | ANSPRECHPARTNER | 89 |
| 12.3. | BETEILIGTE FACHGESELLSCHAFTEN UND ORGANISATIONEN | 89 |
| 12.4. | PATIENTEN/BÜRGERBETEILIGUNG | 90 |
| 12.5. | METHODISCHE BEGLEITUNG | 90 |
| 13. | INFORMATIONEN ZU DIESER LEITLINIE | 91 |
| 13.1. | METHODISCHE GRUNDLAGEN | 91 |
| 13.2. | SYSTEMATISCHE RECHERCHE UND AUSWAHL DER EVIDENZ | 91 |
| 13.3. | KRITISCHE BEWERTUNG DER EVIDENZ | 91 |
| 13.4. | KONSENSFINDUNG | 92 |
| 13.5. | EMPFEHLUNGSGRADUIERUNG UND FESTSTELLUNG DER KONSENSSTÄRKE | 92 |
| 14. | REDAKTIONELLE UNABHÄNGIGKEIT | 93 |
| 14.1. | FINANZIERUNG DER LEITLINIE | 93 |
| 14.2. | DARLEGUNG VON INTERESSEN UND UMGANG MIT INTERESSENKONFLIKTEN | 93 |
| 15. | EXTERNE BEGUTACHTUNG UND VERABSCHIEDUNG | 94 |
| 16. | GÜLTIGKEITSDAUER UND AKTUALISIERUNGSVERFAHREN | 95 |
| 17. | VERWENDETE ABKÜRZUNGEN | 96 |
| 18. | LITERATURVERZEICHNIS | 97 |

1. Geltungsbereich und Zweck

1.1. Zielsetzung und Fragestellung

Epidurale Injektionen gehören zu den am häufigsten durchgeführten Interventionen bei Bandscheibenvorfällen und Lumboischialgien (Manchikanti et al., 2021a). Es gibt drei verschiedene Zugangswege zum Epiduralraum (Klessinger et al., 2024), die Inhalt dieser Leitlinie sind: Transforaminal (durch das Neuroforamen), interlaminär (zwischen den Dornfortsätzen) und kaudal (durch den Hiatus sacralis). Bei allen drei Zugängen ist die Zielregion klar definiert. Abzugrenzen sind diese gezielten Injektionen von nicht klar definierten Interventionen, wie z. B. einer perivertebralen Injektion oder einer wirbelsäulennahen Injektion, oder von Injektionen an andere Strukturen, wie die Facettengelenke oder den extradural liegenden Spinalnerven. Eine transforaminale Injektion kann auch diagnostisch zur Identifikation einer symptomatischen Nervenwurzel durchgeführt werden.

Schmerzen ausgehend von der Hals- oder Lendenwirbelsäule sind ein relevantes Gesundheitsproblem. Unterschieden werden muss ein nozizeptiver, axialer Schmerz, der aber durchaus auch in Arm oder Bein ausstrahlen kann, von einem neuropathischen, radikulären Schmerz. Möglich ist auch ein mixed pain. Epidurale Injektionen erreichen vor allem die intradural liegenden Nervenwurzeln, die für den radikulären Schmerz ursächlich sind. Allerdings werden epidurale Injektionen auch bei einer Spinalkanalstenose und bei Rückenschmerzen angewendet. In der Regel finden entzündungshemmende und schmerzstillende Medikamente Verwendung.

Für die Indikationsstellung dieser Interventionen gibt es keine klaren Empfehlungen. Es ist auch nicht eindeutig festgelegt, welche Medikamente in welcher Dosierung zu verwenden sind. Zwar gibt es Evidenz für die Verwendung von Kortison, allerdings ist die Anwendung von Kortison im Epiduralraum off-label. Es besteht Unklarheit bezüglich der Effektivität epiduraler Injektionen, der idealen Route (transforaminal, interlaminär, kaudal), des besten Zeitpunkts (bei akuten oder chronischen Schmerzen), der notwendigen Bildgebung zur Beurteilung der Genauigkeit der Nadellage und bezüglich der Sicherheit und der Risiken.

Ziel dieser Leitlinie ist es, eine Nutzenbewertung durchzuführen, indem die Evidenz der verschiedenen Verfahren dargelegt wird. Zudem sollen Empfehlungen zur Auswahl des geeigneten Zugangsweges, zur Indikation, zur technischen Durchführung und zur Medikamentenwahl gegeben werden und die Risiken und Komplikationen aufgezeigt werden.

Die Leitlinie bezieht sich auf degenerative Erkrankungen der Hals- und Lendenwirbelsäule. Nicht angesprochen werden Erkrankungen der Brustwirbelsäule, da für diesen Bereich kaum Evidenz existiert und weil thorakale radikuläre Beschwerden selten sind. Tumorerkrankungen und Infektionskrankheiten (z. B. Zoster-Neuralgie) sollen ebenfalls nicht berücksichtigt werden. Auch Verfahren der Spinalanästhesie und eine Analgesie im Rahmen der Geburtshilfe

sind nicht Thema dieser Leitlinie. Es werden nur Injektionen, nicht aber Katheterverfahren dargestellt.

Dieses Leitlinienthema wurde ausgewählt, um eine unangemessene Versorgung zu vermeiden, aber auch, um geeigneten Patienten den Zugang zu einer interventionellen Schmerztherapie 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 und teilstationäre Versorgungsbereiche

1.3. Patientenzielgruppe

Die Leitlinie betrifft erwachsene Patienten mit dem Leitsymptom akuter und chronischer radikulärer Schmerz oder chronischer Rückenschmerz.

1.4. Adressaten

Die Leitlinie richtet sich an Ärzte der Fachrichtungen Orthopädie und Unfallchirurgie, Neurochirurgie, Neurologie, Anästhesie, interventionelle Radiologie/Neuroradiologie, Schmerztherapie, Physiotherapeuten, Patienten und dient zur Information für Hausärztinnen und Hausärzte, Fachärzte, weitere medizinisch-wissenschaftliche Fachgesellschaften und gesundheitspolitische Institutionen, Kostenträger und Entscheidungsträger auf Bundes- und Landesebene.

Die Leitlinie richtet sich an:

- Ärzte der Fachrichtungen Orthopädie und Unfallchirurgie, Neurochirurgie, Neurologie, Anästhesie, interventionelle Radiologie/Neuroradiologie, Schmerztherapie
- Physiotherapeuten
- Patienten

und dient zur Information für

- Hausärztinnen und Hausärzte
- Fachärzte
- weitere medizinisch-wissenschaftliche Fachgesellschaften

- gesundheitspolitische Institutionen
- Kostenträger
- Entscheidungsträger auf Bundes- und Landesebene

1.5. Weitere Dokumente dieser Leitlinie

Die Leitlinie „Epidurale Injektionen bei degenerativen Erkrankungen“ wird mit folgenden Komponenten publiziert:

- I. Langfassung: Graduierte Empfehlungen, Darstellung der Evidenzgrundlage und Kommentare (vorliegendes Dokument)
- II. Kurzfassung
- III. Patientenleitlinie
- IV. Leitlinienreport
- V. Evidenztabellen

Alle Fassungen sind über die Internetseite der AWMF frei zugänglich:

<https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/151-005>

2. Grundlagen

Der spinale Epiduralraum ist der extradurale Bereich zwischen Dura und knöchernem Spinalkanal. In diesem Raum gibt es Fettgewebe, Bindegewebe und Blutgefäße (Maus, 2024). Die Nervenwurzeln verlassen in jedem Level den Spinalkanal in Richtung Neuroforamen und vereinigen sich im distalen Bereich des Neuroforamens zum Spinalnerven. Bis zur Vereinigung sind die anteriore und die posteriore Nervenwurzel mit dem Spinalganglion von Dura umgeben (Bogduk, 2016). Somit reicht der Epiduralraum nach lateral bis in das Neuroforamen.

Der Epiduralraum kann über drei verschiedene Zugangswege erreicht werden: Transforaminal, also durch das Neuroforamen (wird oft als periradikuläre Therapie [PRT] bezeichnet) oder interlaminär, also zwischen den Dornfortsätzen oder kaudal durch den Hiatus sacralis (Klessinger et al., 2024).

Häufig werden entzündungshemmende und immunsupprimierende Medikamente (Mulleman et al., 2006) (z. B. Kortison) aber auch Lokalanästhetika und Kochsalz in den Epiduralraum appliziert, um eine therapeutische Wirkung zu erreichen. Adressiert werden vor allem die Nervenwurzeln, die in Richtung Foramen ziehen oder im Bereich der Lendenwirbelsäule als Kaudafasern intradural liegen. Daher ist die wichtigste Indikation für eine epidurale Injektion der radikuläre Schmerz (Maus, 2024). Der interlaminäre und der kaudale Zugangsweg werden allerdings auch bei Lumbalgien ohne radikuläre Komponente und bei Beschwerden durch eine Spinalkanalstenose verwendet (D’Orazio et al., 2015).

Ziel der epiduralen Interventionen ist eine Schmerzreduktion durch die Wirkung der verabreichten Medikamente. Dadurch soll erreicht werden, dass die konservative Therapie weitergeführt werden kann und es dem Patienten möglich ist, aktiver zu werden. Es macht daher Sinn, eine epidurale Injektion in ein Therapiekonzept einzubetten und nicht als Einzelmaßnahme zu betrachten.

Der transforaminale Zugang bringt die Medikamente direkt an die betroffene Nervenwurzel und in den ventralen Epiduralraum. Bei einer interlaminären Injektion wird die Nadel im dorsalen Epiduralraum platziert und das Medikament muss sich im Spinalkanal nach ventral verteilen, um die Nervenwurzel zu erreichen. Eine kaudale epidurale Injektion erfolgt nicht spezifisch in das betroffene Gebiet, die Medikamente müssen sich über eine größere Distanz im Spinalkanal ausbreiten (Kwak et al., 2023). Über den transforaminalen Zugang sind auch diagnostische Interventionen möglich, da spezifisch eine einzelne Nervenwurzel erreicht werden kann (Klessinger, 2013).

Möglich sind transforaminale und interlaminäre Injektionen an der gesamten Wirbelsäule. Klinisch relevant sind vor allem die Anwendungen an der Hals- und an der Lendenwirbelsäule (Maus, 2024). Die Ergebnisse, die technische Durchführung und die Risiken sind in beiden Abschnitten durchaus verschieden und müssen getrennt betrachtet werden.

Im Rahmen des biopsychosozialen Modells von Krankheitsentstehung und -verlauf sind sowohl bei akuten als auch chronischen Schmerzen neben den körperlichen Aspekten (wie

beispielsweise genetische Prädispositionen oder die allgemeine Funktionsfähigkeit des Bewegungsapparats) auch psychische und soziale Faktoren von zentraler Bedeutung. Psychische Faktoren wie das Gefühl der Selbstwirksamkeit, Problemlösekompetenz, und die Fähigkeit, mit Stress umzugehen, spielen eine entscheidende Rolle. Darüber hinaus sind soziale Gegebenheiten, wie das Vorhandensein eines unterstützenden sozialen Netzwerks, der allgemeine Versorgungsstatus sowie die berufliche Situation, ebenfalls wichtige Einflussgrößen. Diese vielfältigen Faktoren müssen nicht nur bei der Diagnostik, sondern auch bei der Therapie berücksichtigt werden. Insbesondere bei bestimmten Patientengruppen bedarf es einer erhöhten Aufmerksamkeit gegenüber psychosozialen Einflussfaktoren, da diese einen maßgeblichen Einfluss auf den Krankheitsverlauf und die Prognose haben können.

3. Definition

3.1. Frage 1: Wie sind epidurale Injektionen definiert?

Transforaminaler Zugang (PRT)

Transforaminale Injektionen sind bildgesteuerte spezifische Injektionen, bei denen das Injektat über das Neuroforamen in den lateralen Recessus und in den ventralen Epiduralraum einer einzelnen Nervenwurzel eingebracht wird (Maus, 2024). Im englischen Sprachraum wird diese Intervention *Transforaminal Epidural Injection* genannt. Im Deutschland ist die Bezeichnung periradikuläre Therapie (PRT) gebräuchlich. Allerdings wird die Abkürzung PRT gerne als Überbegriff für jegliche Art von Injektion in der Nähe der Wirbelsäule genutzt. Die Worte Radix und radikulär bezeichnen aber präzise die Nervenwurzel, die intradural liegt und somit nur über eine epidurale Injektion erreicht werden kann. Damit muss definitionsgemäß jede periradikuläre Therapie (jede PRT) eine epidurale Injektion sein, die gezielt eine Nervenwurzel anspricht.

Abzugrenzen von dieser Technik sind Injektionen mit großem Volumen, die oft ohne Bildgebung extraforaminal und extradural Äste des Spinalnerven als Ziel haben (zervikale Spinalanästhesie [CSPA] bzw. lumbale Spinalanästhesie [LSPA]) (Theodoridis et al., 2019) sowie Injektionen ohne klar definiertes Ziel (wirbelsäulennahe Injektionen, perivertebrale Injektionen) und Injektionen an andere definierte Ziele, wie z. B. die Facettengelenke.

Die zervikale Nervenwurzel wird meistens in Rücken- oder Seitlage des Patienten über einen antero- oder posterolateralen Zugang erreicht. Der Zugang wird mit Bildgebung kontrolliert. Es wird eine dünne Nadel verwendet. Vermieden werden muss eine Punktion von Arterien (Vertebralarterie, Segmentalarterie und A. radicularis), des Spinalnerven mit seinen Ästen und des Plexus zervicobrachialis. Zielpunkt unter Durchleuchtung ist daher der dorsale, kaudale Anteil des Neuroforamens. Es wird Kontrastmittel unter live Bildgebung verwendet, um eine vaskuläre Anreicherung (arteriell oder venös) auszuschließen (Huntoon, 2005) und die Verteilung des Medikaments entlang der Nervenwurzel darzustellen.

Die lumbale transforaminale Injektion wird in Bauchlage des Patienten durchgeführt. Zwei verschiedene Zugänge zum Foramen werden häufig angewendet: Zum einen der klassische Zugang subpedikulär bzw. supraneural (Maus et al., 2024). Die Nadel liegt unter dem Rand des Pars interarticularis am Unterrand des Pedikels im anterioren Foramen. Medikamente breiten sich typischerweise entlang der Nervenwurzel nach kranial aus. Eine andere Möglichkeit ist der infraneurale Zugang, bei dem die Nadel kaudal der Nervenwurzel im inferioren Anteil des Foramens platziert wird. Medikamente breiten sich nach kaudal entlang der Nervenwurzel aus.

Transforaminale epidurale Injektionen können auch in diagnostischer Absicht durchgeführt werden (Maus, 2024). Mit ausschließlich einer kleinen Menge (0,2–0,3 ml) (Makkar et al., 2015) Lokalanästhesie (ohne Kortison) erfolgt ein selektiver Nervenwurzelblock. Das

Medikament sollte selektiv die Nervenwurzel erreichen und sich nicht im Spinalkanal verteilen, damit eine spezifische Aussage möglich ist.

Interlaminärer Zugang

Bei einem interlaminären Zugang ist es das Ziel, Medikamente in die lateralen und ventralen Anteile des Epiduralraumes zu applizieren. Eine Medikamentenverteilung rein im dorsalen Raum hat keinen therapeutischen Effekt (Maus, 2024). Neben einem Mittellinienzugang wird daher auch ein parasagittaler Zugang durchgeführt, um möglicherweise besser den ventralen Epiduralraum zu erreichen. Die Ergebnisse sind durchaus unterschiedlich (Mahmoud et al., 2024). Diagnostische Injektionen sind über den interlaminären Zugang nicht möglich.

Die Tiefenkontrolle der Nadel erfolgt häufig durch die Loss of resistance (LOR) Technik. Sobald die Nadel durch das Ligamentum flavum hindurchtritt, lässt der Druck in der Spritze nach. Eine genauere Lokalisation der Nadellage ist mittels Bildgebung (Durchleuchtung, CT, Ultraschall) möglich. Bei der Auswertung der Studien soll unterschieden werden, ob die Intervention mit oder ohne Bildgebung durchgeführt wurde.

Der Epiduralraum ist an der unteren HWS größer als weiter cranial, so dass Injektionen typischerweise kaudal von Hw6/7 durchgeführt werden (Rathmell et al., 2015).

Kaudaler Zugang

Beim kaudalen Zugang wird eine Nadel durch den Hiatus sacralis in den Spinalkanal eingeführt, um Medikamente in den Epiduralraum zu bringen. Ursprünglich wurde diese Injektion ohne die Verwendung von Bildgebung durchgeführt, oft wird aber Durchleuchtung oder Ultraschall genutzt (Kao and Lin, 2017).

Der Apex des Hiatus endet meist in Höhe Sw4, der Duralsack typischerweise zwischen Sw1 und Sw2 (Kao and Lin, 2017). Eine unbeabsichtigte Durapunktion ist bei Normvarianten und bei sakralen Zysten möglich.

Evidenz von Studien

In der Literatur werden **transforaminale** Injektionen bzw. periradikuläre Injektionen (PRT) sehr einheitlich durchgeführt. Sämtliche RCTs, die eine transforaminale Injektion bzw. eine periradikuläre Injektion (PRT) mit Placebo oder einem inaktiven oder kurzwirksamen Medikament verglichen haben, haben einen Bildwandler als bildgebendes Verfahren genutzt sowie einen transforaminalen Zugang (subpedikulär oder infraneural) in den Epiduralraum. Es existieren keine RCTs mit CT oder Ultraschall als bildgebendem Verfahren. Ziel war in allen Studien der Epiduralraum, um die Nervenwurzel zu erreichen, nicht der extradural gelegene Spinalnerv. Es ist daher eine klare Definition möglich. Die Evidenz der vorhandenen RCTs wird bei Frage 3 analysiert.

Die transforaminale Injektion in den Epiduralraum an die Nervenwurzel (präganglionär) ist anspruchsvoller als eine Injektion weiter lateral lediglich an die Äste des Spinalnerven. Es zeigt sich aber, dass die Effektivität größer ist, wenn das Spinalganglion und die präganglionäre Nervenwurzel erreicht wird (Maus, 2024). In einer retrospektiven Studie wurde das Ergebnis einer transforaminalen Injektion in Abhängigkeit von der Kontrastmittelverteilung untersucht (Lee et al., 2006b). Es fanden sich (nicht signifikant) bessere Ergebnisse, wenn das Kontrastmittel den Epiduralraum proximal zum Ganglion erreicht hat. Signifikant bessere Ergebnisse für eine Injektion an die epidurale Nervenwurzel im Vergleich zu einer Injektion distal vom Ganglion fanden sich in einer randomisierten prospektiven Studie (Jeong et al., 2007). Desai et al. konnten zeigen, dass eine mehr ventral der Nervenwurzel gelegene Nadel mit einem ventralen Kontrastmittelfluss signifikant bessere Ergebnisse zeigte als eine retroneurale Nadellage (Desai et al., 2011). Zusammengefasst werden diese Ergebnisse in einem Review. Die präganglionäre Medikamentenapplikation hat eine 2,38-fach signifikant höhere Erfolgsaussicht verglichen mit einer ganglionären Injektion (Pairuchvej et al., 2018).

Historisch wurden **interlaminäre** epidurale Injektionen über einen Zugang in der Mittellinie oder paramedian ohne Bildgebung durchgeführt. Die Kontrolle der Nadeltiefe erfolgte in der Regel über die Loss of resistance Technik. Später wurde sehr häufig die Durchleuchtung verwendet, um eine Kontrolle über die Nadeltiefe zu bekommen und auch die Verteilung des Kontrastmittels im Epiduralraum zu sehen. In ungefähr der Hälfte der RCTs wurde Bildgebung (in einer Studie Ultraschall, in allen anderen RCTs Durchleuchtung) verwendet, in der anderen Hälfte nicht. Ein Großteil der RCTs ohne Bildgebung entstand zwischen 1973 und 2010, RCTs mit Bildgebung wurden seit 2009 veröffentlicht. Bei Frage 4 werden die RCTs in Abhängigkeit davon, ob Bildgebung genutzt wurde oder nicht, ausgewertet.

Bei der Loss of resistance Technik ohne Bildgebung wird in 25 % der Injektionen der Epiduralraum nicht erreicht (White et al., 1980), was eine geringere Erfolgsquote erklären kann. Es reicht aber nicht aus, dass die Nadel korrekt liegt, das Medikament sollte den ventralen Epiduralraum erreichen, wo die Nervenwurzel lokalisiert ist, da Injektionen rein in den dorsalen Epiduralraum nicht effektiv sind (Maus, 2024). Durch die Anwendung eines bildgebenden Verfahrens und Kontrastmittel lässt sich die Verteilung des Medikaments abschätzen. In einer prospektiven Fallserie wurde mit 5 ml Kontrastmittel unter Durchleuchtungskontrolle bei jedem Patienten eine Ausbreitung im dorsalen Epiduralraum gefunden, aber nur bei 36 % der Patienten fand sich eine Verteilung in den ventralen Epiduralraum (Botwin et al., 2004). In einer prospektiven Beobachtungsstudie konnte bei 47 % der Patienten eine Ausbreitung in den ventralen Epiduralraum beobachtet werden (Weil et al., 2008).

Auch bei den **kaudalen** epiduralen Injektionen, die über den Hiatus sacralis durchgeführt werden, ist das Vorgehen nicht einheitlich. Es gibt RCTs, die mit und ohne Bildgebung (Durchleuchtung, Ultraschall) durchgeführt wurden. Die Evidenz der RCTs wird bei Frage 5 ausgewertet.

Die Details zu den Studien zum Injektionsort bei transforaminalen Injektionen finden sich im Dokument „Evidenztabellen“.

Existierende Leitlinien

Die NICE-Guidelines (NICE, 2016) betrachten ausschließlich interlaminäre und kaudale epidurale Injektionen. Studien mit und ohne Bildgebung werden getrennt ausgewertet. Zudem wird unterschieden, ob in der Kontrollgruppe ein Placebo, ein inaktives oder ein aktives Medikament verwendet wird. Auch in der NASS-Leitlinie (North American Spine Society (NASS), 2020) wird zwischen einem interlaminären und einem kaudalen Zugang unterschieden.

Die S2k Leitlinie zur konservativen, operativen und rehabilitativen Versorgung bei Bandscheibenvorfällen mit radikulärer Symptomatik (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, 2020) unterscheidet grundsätzlich landmark-gestützte Verfahren von Verfahren mit Bildgebung. Ohne Bildgebung werden interlaminäre Injektionen ausgewertet. Transforaminale Injektionen (periradikuläre Therapie, PRT) werden klar definiert als Bildgebung-gestütztes Verfahren, bei dem die Nervenwurzel und somit der Epiduralraum das Ziel sind. Diskutiert wird auch die Verwendung von CT oder Durchleuchtung.

Auch die ASIPP-Guidelines (Manchikanti et al., 2021b) unterscheiden die drei Zugangsarten transforaminal, interlaminär und kaudal. Alle ausgewerteten Studien zu transforaminalen Injektionen haben Durchleuchtung als Bildgebung gewählt und den Epiduralraum/die Nervenwurzel als Ziel angegeben. Bei der Auswertung von interlaminären und kaudalen Injektionen in den Epiduralraum wird unterschieden, ob Durchleuchtung verwendet wurde oder nicht. Ebenso werden in der Leitlinie der ASPN (Sayed et al., 2022) die Zugangswege getrennt ausgewertet.

Empfehlungen und Statements

Genau wie eine präzise Nadelposition wichtig ist, muss auch die Dokumentation einer Intervention präzise sein. Unterschiedliche Zielpunkte müssen entsprechend korrekt benannt werden und die Nadel und das Medikament müssen die Zielstruktur erreichen.

| 1.1 | Empfehlung | Stand (2025) |
|---|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: A ↑↑ | Es gibt drei verschiedenen Zugangswege zum Epiduralraum (transforaminal, interlaminär und kaudal), die bezüglich Indikation, Wirksamkeit, Risiken und Durchführung unterschieden werden sollen . | |
| Qualität der Evidenz: hoch ⊕⊕⊕⊕ | (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, 2020; Manchikanti et al., 2021b; NICE, 2016; North American Spine Society (NASS), 2020; Sayed et al., 2022) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

| 1.2 | Statement | Stand (2025) |
|---|---|--------------|
| | Unter dem Begriff periradikuläre Therapie und der Abkürzung PRT versteht man eine bildgeführte transforaminale Injektion in den Epiduralraum an eine definierte Nervenwurzel. | |
| Qualität der Evidenz: hoch ⊕⊕⊕⊕ | (Desai et al., 2011; Jeong et al., 2007; Lee et al., 2006b; Maus, 2024) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

| 1.3 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: B ↑ | Bei einer transforaminalen Injektion sollte das Kontrastmittel bzw. das Medikament den präganglionären Epiduralraum erreichen. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Pairuchvej et al., 2018) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

| 1.4 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: B ↑ | Bei einer interlaminären Injektion sollte das Medikament den ventralen Epiduralraum erreichen. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Botwin et al., 2004; Maus, 2024; Weil et al., 2008) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

4. Nutzenbewertung

Wie im Kapitel 3 dargelegt, macht es Sinn, die drei möglichen Zugänge zum Epiduralraum (transforaminal, interlaminär und kaudal) getrennt auszuwerten. Bei der systematischen Literatursuche wurden sieben RCTs gefunden, bei denen der Zugang im Text nicht beschrieben wurde, oder bei denen unterschiedliche Zugänge ohne separate Auswertung verwendet wurden, so dass diese RCTs nicht ausgewertet werden konnten (Béliveau, 1971; Cai et al., 2020; Cohen et al., 2015; Jayaseeli et al., 2023; Khoshnazar et al., 2023; G. Y. Lee et al., 2022). In einer Studie waren sowohl interlaminäre als auch transforaminale Zugänge möglich (Friedly et al., 2014).

Für transforaminale und interlaminäre Zugänge soll zusätzlich getrennt die Hals- und die Lendenwirbelsäule ausgewertet werden da die Indikationen aber auch die Risiken unterschiedlich sind. Zudem existiert für die HWS deutlich weniger Evidenz. So wurde keine RCT für transforaminale Injektionen an der HWS gefunden und nur sieben Studien mit teilweise identischen Patienten für interlaminäre Injektionen an der HWS.

Echte Placebo-kontrollierte Studien (z. B. Injektion eines inaktiven Medikaments in eine nichtbetroffene Struktur) existieren nicht (Manchikanti et al., 2021c; NICE, 2016). Daher gilt es bei der Auswertung randomisierter Studien zu unterscheiden, ob zwei epidurale Injektionen mit unterschiedlichen Inhaltsstoffen durchgeführt wurden, oder ob eine epidurale Injektion mit einer Injektion an eine andere Stelle (z. B. subkutan, Ligamentum intraspinosum) verglichen wurde oder mit einer sonstigen Therapie ohne Injektion (konservative Therapie, Standardtherapie). Nur wenn unterschiedliche Inhaltstoffe genutzt werden, kann in manchen Fällen eine doppelblinde Studie möglich sein. Nur der Patient, nicht aber der Anwender, kann ggf. verblindet werden, wenn ein anderer Injektionsort in der Nähe gewählt wird. Beim Vergleich mit einer Standardtherapie ist keine Verblindung von Arzt oder Patient möglich.

Eine Kontroll-Injektion (oft mit wirksamem Medikament) an einen anderen Ort nicht epidural wird häufig als Placebo-Injektion gewertet. In manchen Studien werden aber auch Kontroll-Injektionen mit Kochsalz oder einem kurz wirksamen Lokalanästhetikum als Placebo bezeichnet. Es wird allerdings diskutiert, ob Kochsalz und Lokalanästhetika tatsächlich inaktive Medikamente sind. Zu beachten ist, dass alleine die Durchführung einer aufwendigen Intervention einen großen Placeboeffekt haben kann (Jonas et al., 2015). In einem systematischen Review werden durchaus Wirkungen von Kochsalz und Lokalanästhesie beschrieben (Bicket et al., 2013). Eine Schmerzreduktion wäre möglich durch Verdünnung von entzündungsfördernden Zytokinen, durch Lyse von Narbengewebe, durch Verbesserung der Durchblutung, durch Verringerung ektopischer Entladung verletzter Nerven oder durch Verringerung zentraler Sensibilisierungen (Bicket et al., 2013; Devor et al., 1992; Fukusaki et al., 1998).

In einem systematischen Review mit Meta-Analyse wurden randomisierte Studien untersucht, die Kochsalz alleine oder Kochsalz mit Kortison verwendet haben (Manchikanti et al., 2021c).

Beide Therapien führten zu einer Schmerzreduktion um 20 % nach drei Monaten, signifikante Unterschiede gab es nicht. Es wird in dieser Studie gefolgert, dass Kochsalz kein Placebo ist.

In den folgenden Kapiteln (Frage 3–5) soll daher unterschieden werden, ob in der Kontrollgruppe eine Injektion an einen anderen Ort durchgeführt wurde, oder ob zwei verschiedene Medikamente epidural verglichen wurden.

4.1. Frage 2: Welche Indikationen und welche Evidenz gibt es für diagnostische transforaminale epidurale Injektionen?

Interlaminäre und kaudale Injektionen sind therapeutische Eingriffe. Lediglich transforaminale Injektionen können so durchgeführt werden, dass sie spezifisch für eine einzelne Nervenwurzel sind (Maus, 2024). Somit können sie diagnostisch helfen, eine schmerzhafteste Nervenwurzel zu identifizieren. Um eine gute Plausibilität (face validity) zu erreichen, müssen eine möglichst kleine Menge Lokalanästhesie (0,2–0,3 ml) (Makkar et al., 2015) und Kontrastmittel (Bogduk N, ed., 2013) verwendet werden, damit ausgeschlossen werden kann, dass zusätzlich zur der geplanten Nervenwurzel weitere Strukturen betäubt werden.

Evidenz von Studien

Nur wenige Studien haben sich mit diagnostischen transforaminalen Injektionen beschäftigt. Cohen und Hurley haben den Einfluss diagnostischer Injektionen auf das Ergebnis von Operationen untersucht (Cohen and Hurley, 2007). Sie fanden eine starke Evidenz dafür, dass es möglich ist, mit einer lumbalen transforaminalen Injektion die Identifizierung der symptomatischen Nervenwurzel zu verbessern und eine moderate Evidenz, um für zervikale und lumbale diagnostische transforaminale Injektionen das Operationsergebnis zu verbessern.

In einer prospektiven Studie wurde die diagnostische Sicherheit errechnet, indem diagnostische transforaminale Injektionen im symptomatischen Level mit Injektionen in einem benachbarten asymptomatischen Level verglichen wurden (Yeom et al., 2008). Es fanden sich eine Sensitivität von 57 %, eine Spezifität von 86 %, ein positiver prädiktiver Wert von 77 % und ein negativer prädiktiver Wert von 71 %.

In einem Review fand sich nur eine geringe Evidenz für lumbale diagnostische Injektionen an die Nervenwurzel (Datta et al., 2013). Costandi et al. attestieren hingegen einer zervikalen therapeutischen transforaminalen Injektion eine wertvolle diagnostische Rolle bei der Identifikation der korrekten Nervenwurzel und dass die diagnostische Injektion die Entscheidung zu einer Operation beeinflussen kann, ohne allerdings konkrete Daten zu präsentieren (Costandi et al., 2015).

In einer Studie wurden Patienten mit erneuten radikulären Beschwerden nach einer Bandscheiben-Operation untersucht (Klessinger, 2013). Eine transforaminale Injektion

(allerdings mit Lokalanästhesie und Kortison) hatte eine hohe Sensitivität für das Erkennen eines Rezidiv-Bandscheibenvorfalles. Bei nicht anhaltendem Ansprechen auf die Injektion ist die Chance auf einen Rezidiv-Vorfall 18-mal höher als bei Ansprechen.

Makkar et al. haben sich mit dem notwendigen Volumen für einen diagnostischen Block beschäftigt (Makkar et al., 2015). Bei 78,8 % der getesteten Patienten war der Block selektiv für eine Nervenwurzel mit 0,2 ml Kontrastmittel. Bei 0,4 ml Kontrastmittel sank die Rate spezifischer Blocks auf nur noch 51,4 %. Eine Verteilung zur nächsten kranialen Nervenwurzel war häufiger als zur nächsten kaudalen.

Existierende Leitlinien

In den ausgewerteten Leitlinien gibt es keine Empfehlungen zu diagnostischen transforaminalen Injektionen. Allerdings wird im technischen Manual der IPSIS (Maus et al., 2024) für eine diagnostische transforaminale Injektion ein Volumen von 0,2–0,3 ml Kontrastmittel und ebenso 0,2–0,3 ml Lokalanästhetikum empfohlen.

Empfehlungen

Bei einem diagnostischen Eingriff ist es wichtig, dass die Blockade selektiv ist, also nur die Zielstruktur (die Nervenwurzel) erreicht wird.

| 2.1 | Empfehlung | Stand (2025) |
|---|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: 0 ⇔ | Eine transforaminale diagnostische Injektion kann zur Identifikation einer schmerzhaften Nervenwurzel durchgeführt werden. | |
| Qualität der Evidenz: sehr niedrig ⊕○○○ | (Cohen and Hurley, 2007) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

| 2.2 | Empfehlung | Stand (2025) |
|---|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: B ↑ | Eine diagnostische transforaminale Injektion sollte ausschließlich mit einer kleinen Menge Lokalanästhesie (0,2–0,3 ml) durchgeführt werden. | |
| Qualität der Evidenz: sehr niedrig ⊕○○○ | (Makkar et al., 2015; Maus et al., 2024) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

4.2. Frage 3: Welche Indikationen und welche Evidenz gibt es für therapeutische transforaminale Injektionen (PRT)?

Transforaminale Injektionen werden mit Bildgebung durchgeführt, um spezifisch Medikamente in das Neuroforamen und den ventralen Epiduralraum zu bringen (Maus, 2024). Bei der Auswertung der Studien wird unterschieden, ob in der Kontrollgruppe eine Sham-Prozedur bzw. konservative Therapie durchgeführt wurde, oder ob unterschiedliche Medikamente miteinander verglichen wurden. In einzelnen Studien wurde zwischen einem Bandscheibenvorfall und einer Stenose unterschieden. Neben der Schmerzreduktion ist auch die Vermeidung von Operationen untersucht worden.

Evidenz von Studien

Für die **HWS** wurde keine randomisierte Studie zur Nutzenbewertung gefunden. Es werden daher die Ergebnisse systematischer Reviews und Metaanalysen aufgezeigt. Engel et al. haben die vorhandenen Studien nach GRADE ausgewertet und fanden eine sehr niedrige Evidenz der Beobachtungsstudien. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass nach einer zervikalen transforaminalen Injektion unter Durchleuchtung 50 % der Patienten mindestens 50 % Schmerzreduktion nach vier Wochen zeigten (Engel et al., 2016). Auch Conger et al. kommen zu dem Ergebnis, dass 50 % der Patienten mindestens 50 % Schmerzreduktion erfahren, allerdings für drei Monate (Auswertung nach GRADE) (Conger et al., 2020). Borton et al. haben sechs Studien in ihr Review einbezogen. Es sei eine zunehmende Evidenz für die Wirksamkeit von zervikalen transforaminalen Injektionen unter Durchleuchtung vorhanden (Borton et al., 2022).

Für transforaminale Injektionen an der **LWS** (PRT) konnten 24 Studien ausgewertet werden, wobei die Studie von Riew et al. aus dem Jahr 2006 (Riew et al., 2006) eine Fortsetzung der Studie aus dem Jahr 2000 (Riew et al., 2000) ist. Karppinen et al. haben ihre Studie in zwei Teilen veröffentlicht (Karppinen et al., 2001a, 2001b). In allen RCTs wurden die transforaminalen Injektionen unter Durchleuchtung durchgeführt und es wurde in allen Studien Kontrastmittel verwendet.

Zwei Studien haben Lokalanästhesie versus Sham (intramuskuläre Injektion) oder konservativer Therapie verglichen. Ghahreman et al. fanden in ihrer Studie mit hoher Evidenz keinen Unterschied zwischen der Injektion von Lokalanästhesie und der intramuskulären Injektion bezüglich Erfolg und Anzahl von Operationen (Ghahreman et al., 2010). In einer Studie mit niedriger Evidenz (hoher Loss to follow-up, Studie underpowered, keine Verblindung, Heterogene Verteilung) wurde konservative Therapie alleine versus konservativer Therapie plus transforaminale Injektion mit Lokalanästhesie verglichen (Ter Meulen et al., 2023). Weder in der Schmerzreduktion noch im „Global Perceived Recovery“ oder in der Zahl der Operationen gab es einen signifikanten Unterschied.

Eine Studie hat bei der Untersuchung die transforaminale Injektion von Lokalanästhesie versus Kochsalz verglichen und ebenfalls keinen signifikanten Unterschied bezüglich Erfolg oder Anzahl von Operationen festgestellt (Ghahreman et al., 2010).

Mehrere Studien haben Kortison und Lokalanästhesie transforaminal versus Sham bzw. konservativer Therapie bei Patienten mit radikulären Beschwerden bei Bandscheibenvorfall verglichen. Im Vergleich mit einer Triggerpunkt-Injektion fanden Vad et al. nach einem Jahr signifikant bessere Ergebnisse der transforaminalen Injektion (Vad et al., 2002). Auch Ghahreman et al. fanden im Vergleich zu einer intramuskulären Injektion nach einem Monat signifikant bessere Ergebnisse der transforaminalen Injektion (Ghahreman et al., 2010). Hingegen zeigte eine Studie mit niedriger Evidenz (hoher Loss to follow-up, Studie underpowered, keine Verblindung, Heterogene Verteilung) keinen Vorteil gegenüber einer konservativen Therapie bei auch gleicher Anzahl operierter Patienten (Ter Meulen et al., 2023). Für eine weitere Studie liegt nur das Protokoll vor, keine Ergebnisse (Verheijen et al., 2019). Eine aktuelle Studie hat Patienten mit einer Spinalkanalstenose und radikulären Beschwerden untersucht. Es fehlen die Ausgangsdaten, zudem erfolgte keine kategorische Auswertung (Mahmoodkhani et al., 2024).

Die größte Zahl von Studien hat Kortison und Lokalanästhesie versus andere Medikamente (Kochsalz, nur Lokalanästhesie oder andere Medikamente) transforaminal verglichen. Bei diesen Studien ist keine Aussage zur Wirksamkeit transforaminaler Injektionen generell möglich, sondern es wird eine Aussage über die Wirksamkeit im Vergleich mit der Kontrollgruppe getroffen. Dieses Thema wird gesondert bei Frage 9 (Welche Medikamente sind für eine epidurale Injektion geeignet?) relevant. In zwei Studien war Kochsalz das Medikament in der Kontrollgruppe. Karppinen et al. fanden in einer gesponserten Studie keinen Unterschied beider Gruppen bezüglich des Rückenschmerzes aber bessere Ergebnisse nach 26 Wochen in der Kontrollgruppe. Die Häufigkeit von Operationen war nicht signifikant unterschiedlich. Bei einer Subgruppenanalyse wurde eine „Contained Herniation“ mit einer „Extrusion“ verglichen. Patienten mit einer „Contained Herniation“ hatten signifikant bessere Ergebnisse in der Behandlungsgruppe bei signifikant geringeren Kosten der Behandlungsgruppe. Bei Patienten mit einer „Extrusion“ gab es keine signifikanten Unterschiede (Karppinen et al., 2001a, 2001b). Auch eine Beobachtungsstudie zeigt, dass die Ergebnisse einer transforaminalen Injektion besser sind bei geringerer mechanischer Nervenwurzelkompression (Ghahreman and Bogduk, 2011). Ghahreman et al. (hohe Evidenz) zeigten sich bessere Erfolgsergebnisse in der Behandlungsgruppe versus einer Kontrollinjektion mit NaCl, die Zahl der Operationen war nicht signifikant unterschiedlich (Ghahreman et al., 2010).

Die meisten Studien haben die Kombination Kortison und Lokalanästhesie versus nur Lokalanästhesie verglichen. Riew et al. konnten signifikant weniger Operationen in der Behandlungsgruppe im Vergleich zu Injektionen mit nur Lokalanästhesie nach 13–28 Monaten feststellen. Nach fünf Jahren gab es keine signifikanten Unterschiede in beiden Gruppen bezüglich der Zahl der Operationen. In beiden Gruppen fanden sich ohne signifikanten Unterschied eine Verbesserung bezüglich der Schmerzen und eine Verbesserung der

neurologischen Symptome (Riew et al., 2006, 2000). Nach drei Monaten konnte in der Studie von Ng et al. eine Verbesserung in beiden Gruppen ohne signifikanten Unterschied festgestellt werden (Ng et al., 2005). Auch Hagihara et al. fanden keinen signifikanten Unterschied beider Gruppen bezüglich Schmerzreduktion oder Häufigkeit einer OP allerdings nach nur einer Woche Beobachtungszeitraum (Hagihara et al., 2009). Auch nach einem Jahr fand sich kein signifikanter Unterschied in der Schmerzreduktion, beim ODI oder bei der Zahl der Operationen bei Tafazal et al. (Tafazal et al., 2009). Cohen et al. fanden hingegen einen signifikanten Unterschied im Erfolg nach einem Monat (Cohen et al., 2012). Allerdings war die Zahl der Operationen nicht signifikant unterschiedlich. Manchikanti et al. haben den initialen Erfolg nach drei Wochen und das Ergebnis nach zwei Jahren untersucht und konnten keinen signifikanten Unterschied beider Gruppen feststellen (25,8 % Loss to follow-up, kein worst case scenario, die letzten vorhandenen Daten wurden weiterverwendet („last data point carried forward“)) (Manchikanti, 2014a). Bei Injektion eines großen Volumens (8 ml) fand sich nach vier Wochen ebenfalls kein signifikanter Unterschied (Chae et al., 2022). In einer Studie mit niedriger Evidenz (hoher Loss to follow-up, Studie underpowered, keine Verblindung, Heterogene Verteilung) konnte nach bis zu drei Wochen kein Unterschied des „Global recovery“ festgestellt werden (Ter Meulen et al., 2023).

Cohen et al. haben Etanercept und Lokalanästhesie in der Kontrollgruppe verwendet und fanden signifikant bessere Ergebnisse in der Kortisongruppe bei gleicher Zahl von Operationen (Cohen et al., 2012). Lokalanästhesie und hypertones Kochsalz wurden von Koh et al. in der Kontrollgruppe genutzt. Es fand sich kein signifikanter Unterschied beider Gruppen (Koh et al., 2013). Zwei Studien nutzen Methylprednisolon und Lokalanästhesie und Magnesium bzw. Magnesiumsulfat in der Kontrollgruppe. Awad et al. fanden nach bis zu drei Monaten signifikant bessere Ergebnisse bezüglich Schmerz in der Kontrollgruppe (Awad et al., 2021). Fathy et al. fanden nach drei und sechs Monaten ebenfalls signifikant besserer Ergebnisse bezüglich ODI und Schmerz (Fathy et al., 2022), allerdings überrascht es, dass die Unterschiede zwischen Behandlungsgruppe und Kontrollgruppe extrem sind (z. B. 0 versus 95,6 % Erfolg). In der gleichen Studie wurde auch die Wirkung von Ozon zusammen mit Lokalanästhesie und Kortison in der Kontrollgruppe untersucht mit sehr guten Ergebnissen nach drei Monaten in der Kontrollgruppe mit Ozon, jedoch ohne einen einzigen erfolgreich behandelten Patienten nach sechs Monaten (Fathy et al., 2022). Eine Studie hat in der Kontrollgruppe PRP eingesetzt und signifikante Unterschiede nach bis zu 24 Wochen bezüglich Beinschmerz festgestellt. Rückenschmerz und ODI waren nicht signifikant unterschiedlich (Wongjarupong et al., 2023).

Zwei Studien haben andere Medikamente miteinander verglichen (Etanercept mit NaCl oder mit Placebo). Beide Studien fanden deutlich bessere Ergebnisse in der Etanercept-Gruppe bei sehr kleinen Patientenzahlen (Cohen et al., 2009; Freeman et al., 2013).

Zudem existieren mehrere systematische Reviews für die LWS. Quraishi konnte drei RCTs in seine Analyse einschließen. Er konnte eine Verbesserung der Schmerzen, nicht aber der Disability feststellen und sah keinen Benefit durch Kortison (Quraishi, 2012). Shamliyan et al. fanden eine kurzzeitige Verbesserung der Beinschmerzen durch transforaminale Injektionen, der Effekt von Steroiden sei gering (Shamliyan et al., 2014). Auch Bhatia et al. fanden einen

moderaten Effekt nach drei Monaten bezüglich Schmerzen aber nicht bezüglich Disability oder der Anzahl von Operationen bei großer Heterogenität der Studien (Bhatia et al., 2016). Hingegen konnten Smith et al. für eine transforaminale Injektion mit Kortison bei Patienten mit Bandscheibenvorfall eine Erfolgsrate ($\geq 50\%$ Schmerzreduktion) bei 63 % nach einem Monat, bei 74 % nach drei Monaten, bei 64 % nach sechs Monaten und bei 64 % nach einem Jahr zeigen. Es gibt eine starke Evidenz für die Effektivität bei einem Bandscheibenvorfall, es fehlt aber Evidenz bei einer Spinalkanalstenose (Smith et al., 2020). Auch Helm et al. fanden eine Level I Evidenz mit signifikanter Schmerzreduktion nach drei und sechs Monaten und Verbesserung der Funktionalität bei Patienten mit radikulärem Schmerz bei einem Bandscheibenvorfall (Helm et al., 2021).

Zusammenfassend besteht eine niedrige Evidenz für transforaminale Injektionen an der HWS, da keine RCTs zur Nutzenbewertung existieren. Die drei vorhandenen systematischen Reviews kommen aber zu einem einheitlichen Ergebnis mit ca. 50 % Erfolg (50 % Schmerzreduktion für 1–3 Monate). Für die LWS zeigen die RCTs, die Lokalanästhesie allein mit Sham oder konservativer Therapie verglichen haben kein einheitliches Ergebnis und keine Überlegenheit der transforaminalen Injektion. Beim Vergleich Lokalanästhesie mit Kortison versus Sham oder konservativer Therapie zeigten die RCTs hoher Evidenz signifikant bessere Ergebnisse in der Injektionsgruppe. Auch die neueren Metaanalysen zeigen eine Wirkung von transforaminalen Injektionen unter Durchleuchtung mit Kortison bei bandscheibenbedingten radikulären Beschwerden.

Die Details zu den RCTs für die Lendenwirbelsäule finden sich im Dokument „Evidenztabellen“.

Existierende Leitlinien

Die NICE Guidelines (NICE, 2016) halten transforaminale Injektionen mit Kortison an der LWS für rational und möglicherweise besser geeignet als die anderen Zugangswege, da die Medikamente direkt an den Ort der Nervenkompression gebracht werden. Es sei aber Bildgebung notwendig. In der Leitlinie spezifischer Kreuzschmerz (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie, 2024) werden transforaminale Injektionen bei der Therapie einer Spinalkanalstenose erwähnt, ohne dass eine Empfehlung abgegeben wird. Die Leitlinie zur Versorgung von Bandscheibenvorfällen mit radikulärer Symptomatik (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, 2020) schreibt, dass interventionelle Therapien bei radikulären Symptomen eingesetzt werden sollten, ohne dass der Zugangsweg beschrieben wird. Transforaminale Injektionen können laut dieser Leitlinie bei postoperativen radikulären Symptomen an der LWS durchgeführt werden. Die ASIPP Leitlinie (Manchikanti et al., 2021b) gibt eine starke Empfehlung für transforaminale Injektionen mit und ohne Kortison bei einem lumbalen Bandscheibenvorfall sowie eine moderate Empfehlung bei einer lumbalen Spinalkanalstenose. In der ASPN Leitlinie (Sayed et al., 2022) wird eine Grad A Level I-A Empfehlung für eine transforaminale Injektion bei radikulären Beschwerden auf Grund eines Bandscheibenvorfalles oder einer Spinalkanalstenose gegeben.

Empfehlungen

Für transforaminale Injektionen an der HWS existieren keine RCTs und keine Empfehlungen in Leitlinien, allerdings systematische Reviews mit guten Ergebnissen. Für die LWS gibt es wenige RCTs, die transforaminale Injektionen mit Sham-Prozeduren, anderen Injektionen oder konservativer Therapie verglichen haben. Die vorhandenen Leitlinien geben durchweg sehr klare Empfehlungen für transforaminale Injektionen bei radikulären Beschwerden bei Bandscheibenvorfällen und teilweise auch für eine Spinalkanalstenose.

| 3.1 | Empfehlung | Stand (2025) |
|---|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: 0 ⇔ | Transforaminale therapeutische Injektionen unter Durchleuchtung können bei radikulären Beschwerden ausgehend von der HWS erwogen werden. | |
| Qualität der Evidenz: sehr niedrig ⊕○○○ | (Borton et al., 2022; Conger et al., 2020; Engel et al., 2016) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

| 3.2 | Empfehlung | Stand (2025) |
|---|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: B ↑ | Transforaminale therapeutische Injektionen unter Durchleuchtung sollten bei radikulären Schmerzen durch einen lumbalen Bandscheibenvorfall angeboten werden. | |
| Qualität der Evidenz: hoch ⊕⊕⊕⊕ | (Ghahreman et al., 2010; Helm et al., 2021; Smith et al., 2020; Vad et al., 2002) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

4.3. Frage 4: Welche Indikationen und welche Evidenz gibt es für interlaminäre Injektionen?

Bezüglich der interlaminären Injektionen soll zunächst unterschieden werden, ob die Hals- oder die Lendenwirbelsäule das Ziel ist. An der LWS macht eine Unterscheidung zwischen Interventionen mit und ohne Bildgebung Sinn. Ziel ist es, Medikamente in den lateralen und ventralen Epiduralraum zu geben, wo die Nozizeption stattfindet (Maus, 2024). Dieses Ziel wird aber selbst unter bildgebender Kontrolle und mit Verwendung von Kontrastmittel nur in 36–47 % der Interventionen erreicht (Botwin et al., 2004; Weil et al., 2008).

Evidenz von Studien

Sämtliche randomisierte Studien zu interlaminären Injektionen an der **HWS** wurden mit Durchleuchtung durchgeführt. Manchikanti et al. haben in mehreren RCTs jeweils Injektionen mit Kortison und Lokalanästhesie versus Injektionen nur mit Lokalanästhesie untersucht. Eine Placebogruppe gab es nicht. Es wurde kein worst case scenario berechnet, sondern die letzten vorhandenen Daten wurden weiterverwendet („last data point carried forward“). Die Studien unterscheiden sich vor allem durch die Einschlusskriterien. In manchen Studien waren die Gruppen heterogen (Inconsistency). In einer vorläufigen Studie wurden Patienten mit Nacken- und Oberarmschmerzen nach einer Operation der HWS untersucht (Manchikanti, 2012a). In zwei weiteren Studien (12 und 24 Monate Nachuntersuchung) wurden Patienten eingeschlossen, bei denen sowohl ein Bandscheibenvorfall aber auch ein Facettengelenkschmerz mit Medial Branch Blocks ausgeschlossen wurde (Manchikanti et al., 2012b, 2014a). Die letzten beiden Studien (12 und 24 Monate Nachuntersuchung) haben Patienten mit einem Bandscheibenvorfall oder einer Radikulitis untersucht, wobei keine Bildgebung zur Diagnosesicherung notwendig war (Manchikanti et al., 2012c; Manchikanti, 2013a). Die Ergebnisse aller Studien sind vergleichbar. Es finden sich erfolgreiche ($\geq 50\%$ Schmerzreduktion und $\geq 50\%$ Verbesserung im ODI) Therapien bei ca. 70 % (64–83 %) der Patienten unabhängig welche Vorerkrankung und welche Behandlungsgruppe (keine signifikanten Unterschiede).

Cohen et al. haben in einer randomisierten Studie (mit Sponsoring) Patienten mit epiduraler Injektion mit Kortison versus einer konservativen Therapie (Medikation und physikalische Therapie) sowie versus einer Gruppe, die beide Therapien bekommen hat, verglichen (Cohen et al., 2014). Ein signifikanter Unterschied zwischen Injektion und konservativer Therapie fand sich nicht. Allerdings war nach drei Monaten die Kombinationsgruppe (56,0 % Erfolg) signifikant besser als die beiden anderen Gruppen (36,7 % und 26,8 %). Nach sechs Monaten bestand kein signifikanter Unterschied mehr. McCormick et al. haben die Kraft und die Schmerzreduktion eine Stunde nach Injektion von Triamcinolon mit oder ohne Lokalanästhesie untersucht und fanden keinen signifikanten Unterschied (McCormick et al., 2021).

Bei der Beurteilung der randomisierten Studien über interlaminäre Injektionen an der **LWS ohne Bildgebung** soll unterschieden werden, welche Medikamente verwendet wurden.

Eine Studie hat die Injektion von Lokalanästhesie versus Sham-Injektion (Einstich in das Ligamentum interspinosum) verglichen (Klenerman et al., 1984). Beide Injektionen waren erfolgreich ohne einen signifikanten Unterschied.

Mehrere Studien haben die Wirkung von Kortison versus Sham bzw. konservativer Therapie untersucht. Dilke et al. fanden im Vergleich mit einer Injektion in das Ligamentum interspinosum ein signifikant besseres Ergebnis der Kortison-Injektion (90,9 % Erfolg versus 73,7 %) nach drei Monaten aber keinen signifikanten Unterschied in der Zahl der Operationen beider Gruppen (Dilke et al., 1973). Auch war die Wiederaufnahme der Arbeit häufiger nach Kortison-Injektion, allerdings wurden Patienten mit OP zuvor ausgeschlossen. Drei weitere

Studien nutzten eine Injektion in das Ligamentum interspinosum als Kontrolle. Klenerman et al. fanden keinen signifikanten Unterschied beider Gruppen (Klenerman et al., 1984). Helliwell et al. fanden nur in der Kortisongruppe eine relevante Schmerzreduktion (Helliwell et al., 1985). Bei Ridley et al. gibt es nur Daten für die Kortisongruppe mit 56 % Erfolg nach sechs Monaten aber keinen erfolgreich behandelten Patienten nach sechs Monaten (Ridley et al., 1988). Daten zur Kontrollgruppe fehlen.

Kim et al. haben die interlaminäre Injektion mit einer Mokhuri Chuna Behandlung, Akupunktur und Kräuteranwendung verglichen (Kim et al., 2019). Allerdings fehlen Angaben zur Dosierung des Kortisons. Eine Schmerzreduktion fand sich in allen Gruppen, nach sechs Monaten war die Kontrollgruppe signifikant überlegen. „Care as usual“ mit und ohne interlaminäre Kortison-Injektion wurde in zwei zusammengehörigen Studien untersucht (bis 40 % Loss to follow-up) (Spijker-Huiges et al., 2015, 2014). Die Injektionsgruppe zeigte signifikant bessere Ergebnisse, auch eine Kostenersparnis konnte nachgewiesen werden. Eine weitere Studie hat eine Medikation plus Kortison Injektion interlaminär mit Gruppenübungen oder manueller Therapie verglichen (M. J. Schneider et al., 2019). Nach sechs Monaten fand sich kein signifikanter Unterschied beider Gruppen (Sponsoring, nicht alle Patienten erhielten eine interlaminäre Injektion, die Medikation und das Volumen wurden nicht benannt).

Vier Studien haben die Kombination aus Kortison und Lokalanästhesie versus Sham oder konservativer Therapie verglichen. In der Studie von Krämer et al. fehlen Daten zur Dosierung, zudem wurde der Auswertungszeitpunkt nicht angegeben (Krämer et al., 2008). Es fanden sich aber signifikant bessere Ergebnisse der epiduralen Injektion (zwei verschiedene Zugänge interlaminär) im Vergleich zu einer paravertebralen Injektion von Lokalanästhesie. Physikalische Therapie mit und ohne drei interlaminäre Injektionen ergab nach sechs Monaten keinen signifikanten Unterschied in der Studie von Buchner et al. (Buchner et al., 2000). Ein nur nach drei Wochen, nicht aber nach 6–52 Wochen besseren Effekt der epiduralen Injektion im Vergleich zu einer Injektion in das Ligamentum interspinosum fand sich bei Arden et al. (hoher Loss to follow-up, Sponsoring) (Arden et al., 2005). Auch im Vergleich zu Medikation und Bettruhe konnten Laiq et al. keine signifikant besseren Ergebnisse nach drei und sechs Monaten finden (Laiq et al., 2009).

Weitere randomisierte Studien berichten über den Vergleich unterschiedlicher Medikamente und sind daher für die Frage 9 relevant, weniger für die Nutzenbeurteilung. Kein Unterschied zeigte sich im Vergleich Lokalanästhesie versus Kortison in Kochsalz (Klenerman et al., 1984). In mehreren Studien wurde Kortison versus Kochsalz verglichen. Keine Studie fand signifikante Unterschiede beider Gruppen nach 20 Tagen (Sponsoring) (Valat, 2003), nach zwei Monaten (Klenerman et al., 1984), nach drei Monaten (Unterschiede beider Gruppen, Sponsoring) (Carette et al., 1997), nach vier Monaten (Randomisierung unklar) (Snoek et al., 1977) oder nach unbekanntem Untersuchungszeitpunkt (Konfounder, Kochsalzgruppe erhielt Kortison intramuskulär, fehlende Dosierung) (Krämer et al., 2008). Kortison und Lokalanästhesie wurden mit nur Lokalanästhesie verglichen ohne signifikante Unterschiede (Cuckler et al., 1985; Teske et al., 2009). Zargar et al. haben Kortison plus Neostigmin, Kortison plus Dexmedomidine und Kortison plus Nestigmin und Dexmedomidine untersucht.

Bei Auswertung der Studien an der LWS mit Bildgebung fällt auf, dass diese deutlich jünger sind (Durchschnittsalter 9,3 Jahre), als die Studien an der LWS ohne Bildgebung (Durchschnittsalter 25,2 Jahre). Eine Studie hat Ultraschall als Bildgebungsverfahren verwendet (Godek et al., 2022), alle anderen Studien Durchleuchtung.

Keine Studie hat eine interlaminäre Injektion mit einer Sham-Prozedur (z. B. Injektion in ein Ligament) verglichen. Wenige Studien haben eine interlaminäre Medikamenteninjektion versus konservativer Therapie verglichen. In einer Studie mit drei Behandlungsarmen bei Patienten mit Spinalkanalstenose (Kortison, GOLDIC oder manuelle Therapie) haben Godek et al. eine ultraschall-geführte Injektion von Dexamethason mit manueller Therapie verglichen und fanden keinen signifikanten Unterschied beider Gruppen (bei Loss to follow-up > 20 %) (Godek et al., 2022). Wird jedoch GOLDIC (Autologe Gold-induzierte Zytokintherapie) mit manueller Therapie verglichen, finden sich nach sechs Monaten signifikant bessere Ergebnisse in der GOLDIC Gruppe (Godek et al., 2022). Koc et al. haben ebenfalls bei Patienten mit Spinalkanalstenose eine Kombination von Kortison und Lokalanästhesie mit physikalischer Therapie verglichen und fanden keine signifikanten Unterschiede (Konfounder, alle Patienten erhielten ein Übungsprogramm) (Koc et al., 2009).

Alle weiteren Studien berichten über den Vergleich unterschiedlicher Medikamente und sind somit eher für Frage 9 als für die Nutzenbewertung relevant. In mehreren RCTs von Manchikanti et al. wurden jeweils Injektionen mit Kortison und Lokalanästhesie versus Injektionen nur mit Lokalanästhesie untersucht. Eine Placebogruppe gab es nicht. Es wurde kein worst case scenario berechnet, sondern die letzten vorhandenen Daten wurden weiterverwendet („last data point carried forward“). Die Studien unterscheiden sich nur durch die Einschlusskriterien. Erfolg wurde als mindestens 50 % Reduktion in Schmerz und ODI definiert. In drei Studien (vorläufiger Bericht, Ergebnisse nach 12 und 24 Monaten) wurden Patienten mit Bandscheibenvorfall oder Radikulitis eingeschlossen (Manchikanti, 2010a; Manchikanti et al., 2013; Manchikanti, 2014b). Wie die Diagnose gesichert wurde, ist unklar, eine Bildgebung wird nicht beschrieben. Signifikante Unterschiede beim Erfolg fanden sich in beiden Gruppen nicht, die Erfolgsraten lagen nach drei Monaten bei 82 % und 72 % und nach 24 Monaten bei 70 % und 60 %. In zwei Studien (vorläufiger Bericht und Ergebnisse nach 24 Monaten) wurden Patienten mit einer Spinalkanalstenose untersucht (keine Angaben zur Diagnosesicherung oder zu einer Bildgebung) (Manchikanti, 2012b; Manchikanti et al., 2015a). Beide Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant. Die Ergebnisse bezüglich Erfolg sind ähnlich wie in den oben genannten Studien: nach drei Monaten 63 % versus 77 % Erfolg, nach 24 Monaten 73 % versus 72 %. Eine weitere Studie hat Patienten mit Rückenschmerzen und diskogenem Schmerz untersucht. Ein Facettengelenkschmerz oder ein ISG-Schmerz wurde zuvor ausgeschlossen (Manchikanti, 2013b). Erneut vergleichbare Ergebnisse ohne signifikante Unterschiede beider Gruppen (Erfolg nach drei Monaten 77 % versus 83 %, nach 24 Monaten 67 % versus 72 %). Zwei weitere Studien anderer Autoren hingegen fanden signifikant bessere Ergebnisse für die Gruppe mit Kortison und Lokalanästhesie versus nur Lokalanästhesie. Die Erfolgsrate war bei Ghai et al. nach sechs Monaten 86 % versus 56 % und nach zwölf Monaten 89 % versus 59 % (Ghai et al., 2015). Bei Ökmen & Ökmen zeigte sich eine

Schmerzreduktion nach sechs Monaten von 3,2 versus 1,5 Punkten und nach zwölf Monaten von 2,9 versus 1,5 Punkten (Ökmen and Ökmen, 2017).

Der Vergleich Kortison versus GOLDIC zeigt nicht signifikant bessere Ergebnisse der GOLDIC Gruppe (Godek et al., 2022).

In einer Studie wurden interlaminäre Injektionen mit und ohne physikalische Therapie verglichen, ohne dass es signifikante Unterschiede im Ergebnis gab (Hammerich et al., 2019). Allerdings wird nicht mitgeteilt, welche Medikamente verabreicht wurden, zudem sind die Gruppen heterogen (in Bezug auf Schmerzmedikamente).

Neben den RCTs existieren mehrere **systematische Reviews**. In dem aktuellsten Review für die HWS haben Manchikanti et al. sieben Studien (bis 2014) ausgewertet, davon vier aus der eigenen Arbeitsgruppe (Manchikanti et al., 2015b). Es wurde eine Level II Evidenz für Injektionen mit und ohne Kortison berichtet. Vorobeychik et al. haben interlaminäre Injektionen an der LWS ohne Bildgebung in einem systematischen Review mit Metaanalyse aufgearbeitet (Vorobeychik et al., 2016). Die Evidenz der Literatur wurde nach GRADE beurteilt. Bei geringer Qualität der Evidenz wurde eine Kurzzeit-Schmerzreduktion für 3–6 Wochen nachgewiesen. Die Schlussfolgerung lautet: „Therefore, in a contemporary medical practice, these procedures should be restricted to the rare settings where fluoroscopy is not available.“ (Daher sollten diese Verfahren in der modernen medizinischen Praxis auf die seltenen Fälle beschränkt werden, in denen keine Durchleuchtung möglich ist). Ein Review mit Metaanalyse für interlaminäre Injektionen an der LWS mit Bildgebung stammt von Sharma et al. (Sharma et al., 2017). Bei geringer Qualität der Evidenz nach GRADE konnte keine Wirksamkeit bezüglich Rückenschmerzen aber eine signifikante Kurzzeitwirkung bezüglich radikulärer Schmerzen bei Bandscheibenvorfall oder Spinalkanalstenose gefunden werden.

Zusammenfassend zeigte sich in den Studien für die HWS kein Unterschied, ob Kortison verwendet wurde oder nicht. Nur eine Studie hat Injektionen mit konservativer Therapie verglichen. Die Kombination aus epiduraler Injektion und konservativer Therapie war der reinen konservativen Therapie überlegen.

Von den 13 Studien, die an der LWS interlaminäre Injektionen von Lokalanästhesie, Kortison oder einer Kombination ohne Bildgebung mit Sham oder konservative Therapie verglichen haben, konnten sechs Studien ein teils nur kurzfristiges signifikant besseres Ergebnis für die interlaminäre Injektionsgruppe herausarbeiten. Signifikante Unterschiede in der Zahl der Operationen fanden sich in keiner Studie. Zu beachten ist, dass die Studien sehr heterogen sind bezüglich Einschlusskriterien, Arte der Therapie in der Kontrollgruppe und es auch Bias-Risiken (fehlende Daten, Sponsoring, hohes Loss to follow-up) gibt.

Die beiden Studien, die mit Bildgebung Lokalanästhesie oder Lokalanästhesie mit Kortison versus konservative Therapie verglichen haben, fanden keinen signifikanten Unterschied im Erfolg. Lediglich die Studie mit Zytonkintherapie (GOLDIC) fand in der Injektionsgruppe bessere Ergebnisse als in der Gruppe mit physikalischer Therapie.

Die systematischen Reviews geben eine Empfehlung Level II für interlaminäre Injektionen an der HWS, sehen aber nur eine Kurzzeitwirkung bei radikulären Beschwerden (nicht bei Rückenschmerzen) an der LWS.

Die Details zu den RCTs finden sich im Dokument „Evidenztabelle“.

Existierende Leitlinien

Die NICE-Guidelines (NICE, 2016) empfehlen eine epidurale Injektion (ohne den Zugangsweg zu definieren) bei Ischialgien in Betracht zu ziehen, nicht jedoch bei einer Claudicatio-Symptomatik auf Grund einer zentralen Spinalkanalstenose. In der Leitlinie spezifischer Kreuzschmerz (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie, 2024) werden epidurale Injektionen bei der Therapie einer Spinalkanalstenose erwähnt, ohne dass verschiedene Zugänge unterschieden werden und ohne dass eine Empfehlung abgegeben wird. Die Leitlinie zur Versorgung von Bandscheibenvorfällen mit radikulärer Symptomatik (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, 2020) schreibt, dass interventionelle Therapien bei radikulären Symptomen eingesetzt werden sollten, ohne dass der Zugangsweg beschrieben wird. Das Institute for Clinical Systems Improvement (Institute for Clinical Systems Improvement, 2018) beschreibt, dass bei moderater Evidenz epidurale Injektionen (ohne Definition des Zugangswegs) bei chronischen und akuten Rückenschmerzen mit radikulärer Komponente als begleitende Therapie eingesetzt werden können.

Die NASS Guidelines (North American Spine Society (NASS), 2020) gehen davon aus, dass keine ausreichende Evidenz besteht, um eine Empfehlung für oder gegen eine interlaminäre Injektion zu geben. Allerdings wurde nur eine nicht randomisierte Studie berücksichtigt. Die ASIPP Leitlinie (Manchikanti et al., 2021b) gibt eine starke Empfehlung für interlaminäre Injektionen mit Bildwandler bei Bandscheibenvorfällen (Level I). Bei einer Spinalkanalstenose wird eine moderate Empfehlung (Level II) für Injektionen mit Bildwandler an der HWS und LWS gegeben. Bezüglich der Gabe von Biologika besteht ein Level IV (Manchikanti, 2019). Die ASPN Leitlinie (Sayed et al., 2022) zitiert lediglich die Ergebnisse der ASIPP Leitlinie.

Empfehlungen

Nur wenige RCTs haben interlaminäre Injektionen mit Sham oder konservativer Therapie verglichen, zudem sind die Studien sehr heterogen. Für die HWS gibt es eine Studie und ein Review mit Überlegenheit der Injektion. Für Injektionen an der LWS ohne Bildgebung gibt es keine Evidenz für oder gegen deren Wirksamkeit. Mit Bildgebung zeichnet sich in den RCTs, den Reviews und den vorhandenen Guidelines eine geringe Evidenz für eine Kurzzeitwirkung bei radikulären Beschwerden ab, nicht aber für Rückenschmerzen.

| | | |
|-----|------------|--------------|
| 4.1 | Empfehlung | Stand (2025) |
|-----|------------|--------------|

| | |
|--------------------------------|--|
| Empfehlungsgrad: 0 ↔ | Interlaminäre Injektionen unter Durchleuchtung können bei radikulären Beschwerden ausgehend von der HWS erwogen werden. |
| Qualität der Evidenz: | (Cohen et al., 2014; Manchikanti et al., 2015b) |
| hoch ⊕⊕⊕⊕ | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) |

| 4.2 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: 0 ↔ | Interlaminäre Injektionen können bei radikulären Beschwerden ausgehend von der LWS erwogen werden. | |
| Qualität der Evidenz: moderat ⊕⊕⊕○ | (Sharma et al., 2017; Vorobeychik et al., 2016) | |
| | Konsensstärke: Konsens (90,9 %, 10/11, 1 Enthaltung) | |

| 4.3 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: B ↓ | Interlaminäre Injektionen sollten nicht bei Rückenschmerzen ohne morphologisches Korrelat bzw. ohne radikuläre Komponente durchgeführt werden. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Sharma et al., 2017) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

| 4.4 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|--|--------------|
| Empfehlungsgrad: B ↑ | Interlaminäre Injektionen an der LWS sollten mit einem bildgebenden Verfahren durchgeführt werden, wenn die technischen Voraussetzungen dafür gegeben sind. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Vorobeychik et al., 2016) | |

| | |
|--|--|
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) |
|--|--|

4.4. Frage 5: Welche Indikationen und welche Evidenz gibt es für kaudale Injektionen?

Bezüglich kaudaler Injektionen macht eine Unterscheidung zwischen Interventionen mit und ohne Bildgebung ebenfalls Sinn. Es ist wichtig, dass die verwendeten Medikamente den Epiduralraum erreichen. In einer prospektiven Studie wurden kaudale Injektionen ohne Bildgebung durchgeführt und anschließend wurde im lateralen Durchleuchtungsbild die Nadellage und die Kontrastmittelausbreitung untersucht (Stitz and Sommer, 1999). Eine korrekte Position wurde beim ersten Versuch bei 74,1 % der Patienten erreicht. Waren die anatomischen Landmarken leicht zu tasten und war nach Injektion von Luft diese nicht palpierbar, so konnte eine korrekte Position in 82,9–91,3 % der Fälle erreicht werden. Auch eine weitere ähnliche Studie (Barham and Hilton, 2010) fand bei 32 % der Injektionen eine Fehllage der Nadel bzw. der Kontrastmittelausbreitung unabhängig vom Ausbildungsstand des Chirurgen, in der Durchleuchtungskontrolle, wenn zuvor ohne Bildgebung punktiert wurde.

Evidenz von Studien

Bei Auswertung der Studien ohne Bildgebung soll unterschieden werden, welche Medikamente verwendet wurden.

Eine Studie hat die kaudale Injektion von Lokalanästhesie versus usual care verglichen (Coomes, 1961). In der Kontrollgruppe wurden Bettruhe und Analgetika verwendet. Allerdings erfolgte keine Randomisierung und der Zeitpunkt der Nachuntersuchung ist unbekannt. Die Injektionsgruppe hat sich schneller erholt und zeigte signifikant weniger neurologische Defizite. Eine andere Studie hat die Injektion von Kortison versus Sham Injektion (subkutan) verglichen (Iversen et al., 2011). Die Unterschiede beider Gruppen sind nicht signifikant, der Gesamterfolg ist nicht klinisch relevant. Allerdings ist die Größe der Fallzahl nicht ausreichend, die Gruppen sind heterogen und die Studie wurde gesponsert.

Mehrere Studien haben Kortison und Lokalanästhesie versus Sham oder usual care verglichen. Bei Dincer et al. bestand die Therapie der Kontrollgruppe in NSAIDs und Übungen (Dincer et al., 2007). Beide Gruppen zeigten eine signifikante Besserung, mit Injektion allerdings signifikant besser und schneller. In der Studie von Mathews et al. erfolgte in der Kontrollgruppe eine Tender point Injektion (Mathews et al., 1987). Nach einem Monat waren die Ergebnisse beider Gruppen nicht signifikant unterschiedlich, nach drei Monaten signifikant besser für die Injektionsgruppe, diese Daten wurden aber nicht aufgeführt. Murakibhavi & Khemka haben die kaudale Injektion mit konservativer Therapie in einer gesponserten Studie verglichen (Murakibhavi and Khemka, 2011). Es fanden sich nach drei Wochen und sechs Monaten signifikant mehr schmerzfreie Patienten in der Injektionsgruppe.

Alle weiteren Studien berichten über den Vergleich unterschiedlicher Medikamente und sind somit eher für Frage 9 als für die Nutzenbewertung relevant. Yates et al. haben kaudale Injektionen mit Lokalanästhesie, NaCl, Kortison oder Lokalanästhesie plus Kortison miteinander verglichen (Yates, 1978). Allerdings wurden nicht die Patienten randomisiert, sondern jeder Patient bekam bis zu vier Injektionen mit einem zufällig ausgewählten Medikament. Insgesamt bekamen die 20 Patienten allerdings nur 49 Injektionen. Zudem fehlen Daten zur Anzahl der Patienten pro Medikament und zu Ergebnissen. Keine signifikanten Unterschiede gab es im Vergleich Lokalanästhesie versus NaCl und Kortison mit Lokalanästhesie versus NaCl. Eine verbesserte Mobilität fand sich in der Kortisongruppe versus NaCl und versus Lokalanästhesie. In der bereits erwähnten Studie von Iversen et al. wurde auch die kaudale Injektion von Kortison versus NaCl untersucht (Iversen et al., 2011). Es fanden sich in der Kortisongruppe nicht signifikant bessere Ergebnisse, zudem war der Erfolg nicht klinisch signifikant. Auch Nandy & Chowdhery haben Kortison versus NaCl untersucht und fanden nach vier Wochen signifikant bessere Ergebnisse der Kortisongruppe, nicht jedoch nach zwölf Wochen (Nandi and Chowdhery, 2017). Bush & Hiller untersuchten Kortison mit Lokalanästhesie versus NaCl (Bush and Hillier, 1991). Nach vier Wochen fanden sich bessere Ergebnisse in der Gruppe mit Kortison, nicht mehr nach einem Jahr. Die beiden Untersuchungsgruppen waren heterogen, zudem fand sich ein hoher Loss to follow-up.

Im Vergleich Kortison mit Lokalanästhesie versus Lokalanästhesie fanden sich signifikant bessere Ergebnisse des ODI in der Studie von Sayegh et al. nach bis zu zwölf Monaten (Sayegh et al., 2009) und bezüglich Schmerzfreiheit nach bis zu zwölf Wochen in der Studie von Datta & Upadhyay (Datta and Upadhyay, 2011).

Bei Auswertung der Studien mit Bildgebung fällt auf, dass diese deutlich jünger sind (Durchschnittsalter 9,9 Jahre), als die Studien an der LWS ohne Bildgebung (Durchschnittsalter 25,7 Jahre). Eine Studie hat Ultraschall als Bildgebungsverfahren verwendet (Rayegani et al., 2023), alle anderen Studien Durchleuchtung.

Zwei Studien haben eine kaudale Medikamenteninjektion mit konservativer Therapie oder Sham verglichen. Srivastava et al. haben den Patienten in beiden Gruppen physikalische Therapie verordnet, in einer Gruppe wurden kaudale Injektionen mit Kortison durchgeführt (Srivastava et al., 2021). Es fanden sich signifikant bessere Ergebnisse nach zwölf und 24 Wochen mit Injektion. Khoshnazar et al. haben Kortison kaudal injiziert und Triggerpunkt-Injektionen in der Kontrollgruppe verwendet (Khoshnazar et al., 2023). Die Ergebnisse in der Kontrollgruppe mit Triggerpunkt-Injektionen waren signifikant besser, allerdings wurden nur 8 mg Methylprednisolon verabreicht (hierbei könnte es sich um eine fehlerhafte Angabe handeln).

Alle weiteren Studien berichten über den Vergleich unterschiedlicher Medikamente und sind somit eher für Frage 9 als für die Nutzenbewertung relevant. Ruiz-Lopez & Tsai haben Kortison versus PRP untersucht (Ruiz-Lopez and Tsai, 2020). Nach einem Monat waren die Schmerzen in der Kortisongruppe signifikant besser, nach drei und sechs Monaten in der PRP-Gruppe.

In mehreren RCTs von Manchikanti et al. wurden jeweils Injektionen mit Kortison und

Lokalanästhesie versus Injektionen nur mit Lokalanästhesie untersucht. Eine Placebogruppe gab es nicht. Es wurde kein worst case scenario berechnet, sondern die letzten vorhandenen Daten wurden weiterverwendet („last data point carried forward“). Die Studien unterscheiden sich nur durch die Einschlusskriterien. Erfolg wurde als mindestens 50 % Reduktion in Schmerz und ODI definiert. In drei Studien (vorläufiger Bericht, Ergebnisse nach zwölf und 24 Monaten) wurden Patienten mit Bandscheibenvorfall oder Radikulitis eingeschlossen (Manchikanti, 2008a; Manchikanti et al., 2011; Manchikanti, 2012c). Wie die Diagnose gesichert wurde, ist unklar, eine Bildgebung wird nicht beschrieben. Die Patientengruppen waren inhomogen, es wurden unterschiedliche Kortisonpräparate verwendet und nach 24 Monaten war der Loss to follow-up 20 %. Signifikante Unterschiede beim Erfolg fanden sich in beiden Gruppen nicht, die Erfolgsraten lagen nach sechs und zwölf Monaten zwischen 67 % und 82 % und nach 24 Monaten bei 65 % versus 60 %. In zwei Studien (vorläufiger Bericht und Ergebnisse nach zwölf Monaten) wurden Patienten mit Rückenschmerzen und diskogenem Schmerz untersucht. Ein Facettengelenkschmerz wurde zuvor ausgeschlossen (Manchikanti, 2011, 2008b). Eine Bildgebung ist nicht beschrieben, die Gruppen sind inhomogen. Wieder fanden sich keine signifikanten Unterschiede beider Gruppen bei ähnlichen Erfolgsraten zwischen 61 % und 82 % nach sechs und zwölf Monaten. Erneut drei Studien (vorläufiger Bericht und Ergebnisse nach 12 und 24 Monaten) haben Patienten mit einer Spinalkanalstenose untersucht (keine Angaben zur Diagnosesicherung oder zu einer Bildgebung) (Manchikanti, 2012d, 2008c; Manchikanti et al., 2012a). Nach 24 Monaten gab es 29 % Loss to follow-up. Erneut fanden sich keine signifikanten Unterschiede in beiden Gruppen. Die Erfolgsrate ist insgesamt geringer, nach zwölf Monaten 46 % versus 48 % und nach 24 Monaten 44 % versus 38 %. Drei weitere Studien (vorläufiger Bericht und Ergebnisse nach zwölf und 24 Monaten) haben Patienten nach einer lumbalen Operation untersucht (Manchikanti, 2010b, 2008d; Manchikanti et al., 2012d). Die Gruppen sind heterogen, bis zu 19,3 % Loss to follow-up. Die Ergebnisse beider Gruppen sind nicht signifikant unterschiedlich. Erfolg fand sich nach zwölf Monaten bei 59 % versus 53 % und nach 24 Monaten bei 59 % versus 47 %.

Zwei Studien haben die Wirkung von Calcitonin untersucht. Rahimzadeh et al. haben Kortison mit Lokalanästhesie versus Calcitonin mit Lokalanästhesie untersucht (Rahimzadeh et al., 2018). Die Schmerzreduktion nach vier Wochen war mit Calcitonin signifikant besser, der Schmerzmittelverbrauch war nach 4, 8 und 12 Wochen geringer. Der ODI war jedoch nicht signifikant unterschiedlich. Farpour et al. haben Kortison mit Lokalanästhesie versus Kortison, Lokalanästhesie und Calcitonin untersucht und keinen signifikanten Unterschied festgestellt (Farpour et al., 2021).

Die einzige Studie, die eine kaudale Injektion mit Hilfe von Ultraschall durchgeführt hat, hat bei Patienten mit einer Spinalkanalstenose in der Kontrollgruppe zu Kortison und Lokalanästhesie Ozon hinzugefügt (Rayegani et al., 2023). Schmerz und ODI waren nicht signifikant unterschiedlich, mit Ozon war aber die Gehstrecke signifikant besser.

Erwähnt werden soll ein aktueller **systematischer Review**, in dem Studien mit Bildgebung (Durchleuchtung oder Ultraschall), die Kortison verwendet haben, eingeschlossen wurden

(Nagpal et al., 2022). Die eingeschlossenen Studien sind bezüglich verwendeter Technik und Medikation sehr heterogen. Häufig wurden keine kategorischen Daten berichtet, so dass keine Metaanalyse möglich war. Bemängelt wurde auch, dass 70 % der Studien von dem gleichen Erstautor stammen, was die Generalisierbarkeit einschränkt. Die Daten dieser Studien wurden nicht in die Auswertung einbezogen, da das „last data point carried forward“ Verfahren benutzt wurde. Insgesamt besteht eine niedrige Evidenz dafür, dass ein möglicher Benefit vorhanden sein könnte.

Zusammenfassend finden sich bei Injektionen ohne Bildgebung mit Medikamenten versus Sham oder usual care bei Verwendung von Kortison und Lokalanästhesie bessere Ergebnisse, allerdings bei niedriger Evidenz (fehlende Daten, Sponsoring). Mit Bildgebung zeigen sich bessere Ergebnisse im Vergleich zu nur physikalischer Therapie. Der Vergleich mit einer Triggerpunktbehandlung ist auf Grund der ggf. falschen Angaben zur Dosierung nicht verwertbar. Die aktuelleren Studien sowie das Review bevorzugen Injektionen mit Bildgebung.

Die Details zu den RCTs finden sich im Dokument „Evidenztabelle“.

Existierende Leitlinien

Die NICE-Guidelines (NICE, 2016) empfehlen, eine epidurale Injektion (ohne den Zugangsweg zu definieren) bei Ischialgien in Betracht zu ziehen, nicht jedoch bei einer Claudicatio-Symptomatik auf Grund einer zentralen Spinalkanalstenose. In der Leitlinie spezifischer Kreuzschmerz (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie, 2024) werden epidurale Injektionen bei der Therapie einer Spinalkanalstenose erwähnt, ohne dass verschiedene Zugänge unterschieden werden und ohne dass eine Empfehlung abgegeben wird. Das Institute for Clinical Systems Improvement (Institute for Clinical Systems Improvement, 2018) beschreibt, dass bei moderater Evidenz epidurale Injektionen (ohne Definition des Zugangswegs) bei chronischen und akuten Rückenschmerzen mit radikulärer Komponente als begleitende Therapie eingesetzt werden können. Die NASS Guidelines (North American Spine Society (NASS), 2020) gehen davon aus, dass keine ausreichende Evidenz besteht, um eine Empfehlung für oder gegen eine kaudale Injektion zu machen. Die Leitlinie zur Versorgung von Bandscheibenvorfällen mit radikulärer Symptomatik (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, 2020) schreibt, dass interventionelle Therapien bei radikulären Symptomen eingesetzt werden sollten, ohne dass der Zugangsweg beschrieben wird.

Die ASIPP Leitlinie (Manchikanti et al., 2021b) gibt eine starke Empfehlung für kaudale Injektionen mit Bildwandler bei Bandscheibenvorfällen (Level I). Bei einer Spinalkanalstenose wird eine moderate Empfehlung (Level III–II) für kaudale Injektionen mit Bildwandler gegeben. Bei diskogenem Schmerz und nach einer Operation Level II. Die ASPN Leitlinie (Sayed et al., 2022) zitiert lediglich die Ergebnisse der ASIPP Leitlinie.

Empfehlungen

Es gibt nur wenige RCTs, die kaudale Injektionen versus Sham oder usual care verglichen haben. Die Evidenz ist niedrig. In den neueren Studien, im Review und in manchen Leitlinien zeigt sich ein Trend zu besseren Ergebnissen unter Verwendung von Bildgebung.

| 5.1 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: 0 ⇔ | Eine kaudale Injektion kann bei Lumboischialgien erwogen werden. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Dincer et al., 2007; Srivastava et al., 2021) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

| 5.2 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|--|--------------|
| Empfehlungsgrad: B ↑ | Eine kaudale Injektion sollte mit einem bildgebenden Verfahren durchgeführt werden. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Nagpal et al., 2022) | |
| | Konsensstärke: Konsens (90,9 %, 10/11, 1 Enthaltung) | |

5. Voraussetzungen

5.1. Frage 6: Ist eine nicht-interventionelle, konservative Therapie Voraussetzung vor einer epiduralen Injektion?

Die Therapie von Rückenschmerzen und radikulären Beschwerden besteht häufig aus unterschiedlichen Komponenten wie der medikamentösen Therapie und physikalischen Maßnahmen, die individuell auf den Patienten abgestimmt werden müssen. Die Beschwerden sind häufig innerhalb von 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 eine epidurale Therapie indiziert ist und wie lange zuvor eine erfolglose konservative Therapie durchgeführt worden sein muss. Es soll zwischen einem transforaminalen Zugang (der auch bei akuten radikulären Beschwerden in Frage kommt) und dem interlaminären bzw. kaudalen Zugang unterschieden werden.

Evidenz von Studien

Es existieren keine Studien, die eine epidurale Injektion nach zuvor unterschiedlich lang durchgeführten konservativen Therapien verglichen haben. Möglich ist aber eine Auswertung der Einschlusskriterien der oben genannten RCTs bezüglich der Dauer von Beschwerden vor der Intervention.

Die Dauer von Schmerzen wird häufig in eine akute Phase (bis sechs Wochen), eine subakute Phase (6–12 Wochen) und eine chronische Phase (länger als zwölf Wochen) eingeteilt (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie, 2024; NVL-Programm von BÄK, KBV, AWMF, 2017).

Eine transforaminale Injektion an der LWS wurde in drei RCTs bei akuten Schmerzen (drei oder vier Wochen) durchgeführt (Cohen et al., 2012; Karppinen et al., 2001b, 2001a; Verheijen et al., 2019). Ein subakuter Schmerz (mindestens sechs oder 8 Wochen) war in neun Studien Voraussetzung (Awad et al., 2021; Cohen et al., 2009; Freeman et al., 2013; Ng et al., 2005; Riew et al., 2006, 2000; Tafazal et al., 2009; Ter Meulen et al., 2023; Vad et al., 2002; Wongjarupong et al., 2023). In den übrigen Studien wurde ein chronischer Schmerz behandelt (Fathy et al., 2022; Kennedy et al., 2014; Koh et al., 2013; Mahmoodkhani et al., 2024; Manchikanti, 2014a). In vier RCTs wurde keine Schmerzdauer als Einschlusskriterium angegeben (Ahadian et al., 2011; Chae et al., 2022; Ghahreman et al., 2010; Hagihara et al., 2009).

Von den 23 ausgewerteten RCTs wurde nur bei zehn Studien eine vorangegangene erfolglose konservative Therapie als Einschlusskriterium genannt (Awad et al., 2021; Cohen et al., 2012, 2009; Fathy et al., 2022; Koh et al., 2013; Mahmoodkhani et al., 2024; Manchikanti, 2014a; Ng et al., 2005; Tafazal et al., 2009; Wongjarupong et al., 2023).

Interlaminäre Injektionen an der HWS wurden ebenfalls bei akuten Schmerzen (mindestens vier Wochen) durchgeführt (Cohen et al., 2014; McCormick et al., 2020). Die Studien von Manchikanti et al. nennen einen Zeitraum von mindestens sechs Monaten (Manchikanti, 2012a; Manchikanti et al., 2012b, 2012c; Manchikanti, 2013a; Manchikanti et al., 2014a).

Bei fünf der sieben Studien wurde eine vorangegangene erfolglose konservative Therapie als Einschlusskriterium genannt (Manchikanti et al., 2012b, 2012c; Manchikanti, 2013a; Manchikanti et al., 2014a; McCormick et al., 2020).

Ebenso finden sich bei interlaminären Injektionen der LWS akute Schmerzen (zwei oder vier Wochen) als Einschlusskriterium (Arden et al., 2005; Crette et al., 1997; Cuckler et al., 1985; Laiq et al., 2009; Spijker-Huiges et al., 2015, 2014; Valat, 2003). In den anderen Studien wurden chronische Schmerzen (mindestens 2, 3, 6 oder 12 Monate) behandelt (Ghai et al., 2015; Helliwell et al., 1985; Kim et al., 2019; Klenerman et al., 1984; Manchikanti, 2014b, 2013b, 2012b, 2010a; Manchikanti et al., 2015a, 2013; Ökmen and Ökmen, 2017; Teske et al., 2009). In zwölf RCTs wurde keine Schmerzdauer als Einschlusskriterium angegeben (Buchner et al., 2000; Dilke et al., 1973; Friedly et al., 2017; Godek et al., 2022; Hammerich et al., 2019; Koc et al., 2009; Krämer et al., 2008; Park et al., 2022; Ridley et al., 1988; M. J. Schneider et al., 2019; Snoek et al., 1977; Zargar et al., 2019).

Von den 31 ausgewerteten RCTs wurde nur bei sieben Studien eine vorangegangene erfolglose konservative Therapie als Einschlusskriterium genannt (Cuckler et al., 1985; Ghai et al., 2015; Kim et al., 2019; Manchikanti, 2013b, 2012b; Manchikanti et al., 2015a; Ökmen and Ökmen, 2017).

Auch bei den kaudalen Injektionen wurden akute Schmerzen (mindestens vier Wochen) (Datta and Upadhyay, 2011; Dincer et al., 2007; Nandi and Chowdhery, 2017; Rayegani et al., 2023; Sayegh et al., 2009) oder chronische Schmerzen (3, 6 oder 12 Monate) behandelt (Farpour et al., 2021; Iversen et al., 2011; Khoshnazar et al., 2023; Manchikanti, 2012c, 2012d, 2011, 2010b, 2008a, 2008b, 2008d, 2008c; Manchikanti et al., 2012d, 2012d, 2011; Murakibhavi and Khemka, 2011; Rahimzadeh et al., 2018; Ruiz-Lopez and Tsai, 2020; Yates, 1978). In vier RCTs wurde keine Schmerzdauer als Einschlusskriterium angegeben (Bush and Hillier, 1991; Coomes, 1961; Mathews et al., 1987; Srivastava et al., 2021).

Von den 27 ausgewerteten RCTs wurde nur bei zwölf Studien eine vorangegangene erfolglose konservative Therapie als Einschlusskriterium genannt (Datta and Upadhyay, 2011; Farpour et al., 2021; Manchikanti, 2012d, 2011, 2010b, 2008b, 2008d, 2008c; Manchikanti et al., 2012d, 2012a; Murakibhavi and Khemka, 2011; Sayegh et al., 2009).

Existierende Leitlinien

Die NICE-Guidelines (NICE, 2016) empfehlen, eine epidurale Injektion (ohne den Zugangsweg zu definieren) bei akuten Ischialgien in Betracht zu ziehen. Die Danish National Clinical Guidelines 2018 (Stochkendahl et al., 2018) raten davon ab, routinemäßig gezielte Injektionen (das Ziel wurde nicht benannt) bei neu aufgetretenen Rückenschmerzen anzubieten. Das

Institute for Clinical Systems Improvement (Institute for Clinical Systems Improvement, 2018) sieht epidurale Injektionen als ergänzende Therapie bei akuten und subakuten Rückenschmerzen mit radikulärer Komponente.

In der Leitlinie zur Versorgung von Bandscheibenvorfällen mit radikulärer Symptomatik (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, 2020) heißt es, dass interventionelle Therapien bei Patienten mit akuten radikulären Symptomen eingesetzt werden sollten. Bei subakuten radikulären Symptomen kann eine interventionelle Behandlung erfolgen.

Die ASIPP Leitlinie (Manchikanti et al., 2021b) nennt einen akut nachgewiesenen Bandscheibenvorfall mit radikulärer Symptomatik an der HWS oder LWS als typische Indikation für eine epidurale Injektion. Die Leitlinie von Olivier et al. (Olivier et al., 2023) bezieht sich nur auf subakuten und chronischen Schmerz. Akute Schmerzsituationen wurden nicht berücksichtigt.

Empfehlungen

In die RCTs wurden Patienten mit akuten, subakuten oder chronischen Schmerzen eingeschlossen, ohne dass es Evidenz dafür gibt, dass eine Therapie zu einem bestimmten Zeitpunkt im Verlauf der Beschwerden besser ist. In den Leitlinien wird eine Indikation für eine epidurale Injektion bei akuten und subakuten Schmerzen angegeben.

| 6.1 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: 0 ↔ | Eine epidurale Injektion kann bei akuten, subakuten und chronischen Schmerzen durchgeführt werden. Eine für jeden Patienten individuelle Entscheidung über den Zeitpunkt, wann eine epidurale Injektion angeboten wird, ist notwendig. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕○○○ | (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, 2020; Institute for Clinical Systems Improvement, 2018; Manchikanti et al., 2021b; NICE, 2016; Olivier et al., 2023) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

| 6.2 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--------------------------------|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: B ↑ | Bei Patienten mit chronischen Schmerzen sollte vor einer epiduralen Injektion eine medikamentöse Therapie sowie Physiotherapie erfolgt sein. | |

| | | |
|--|---|---------------------|
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕○○○ | (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, 2020; Institute for Clinical Systems Improvement, 2018; Manchikanti et al., 2021b; NICE, 2016; Olivier et al., 2023) | |
| | Konsensstärke: Konsens (90,9 %, 10/11, 1 Enthaltung) | |
| 6.3 | Empfehlung | Stand (2025) |
| Empfehlungsgrad: EK | Bei Patienten mit chronischen Schmerzen sollte die epidurale Injektion in ein interdisziplinäres Gesamtkonzept eingebettet werden basierend auf dem biopsychosozialen Modell. | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

6. Durchführung

6.1. Frage 7: Welches bildgebende Verfahren ist für die Durchführung einer epiduralen Injektion notwendig?

Bei epiduralen Injektionen gibt es eine klar definierte Zielstruktur, welche in diagnostischer oder therapeutischer Absicht von dem verwendeten Medikament erreicht werden soll. Mit Hilfe von bildgebenden Verfahren wie Durchleuchtung, CT oder Ultraschall und ggf. Verwendung von Kontrastmittel kann überprüft werden, ob das Ziel erreicht wird. Möglich ist allerdings auch eine Orientierung an Landmarken (z. B. den tastbaren Strukturen des Hiatus) oder anhand der Loss of resistance Technik bei interlaminären Zugängen.

An der HWS ist die Verwendung eines bildgebenden Verfahrens (Durchleuchtung, CT, Ultraschall) üblich, bei interlaminären Injektionen in Kombination mit der Loss of resistance Technik. Auch lumbale transforaminale Injektionen (PRT) werden in der Regel mit Bildgebung (Durchleuchtung, CT, Ultraschall) durchgeführt.

Lumbale interlaminäre Injektionen werden mit und ohne Bildgebung durchgeführt. In Kapitel 4 wurde bereits angeführt, dass es selbst unter bildgebender Kontrolle und mit Verwendung von Kontrastmittel oft nicht gelingt, den ventralen Epiduralraum zu erreichen (Botwin et al., 2004; Weil et al., 2008). Bei einer Nadellage im Space of Okada kann ein Loss of resistance vorliegen, obwohl die Nadel nicht im Epiduralraum liegt (Croft et al., 2020; Okada, 1981). Diese Fehlposition ist nur mit Bildgebung und Kontrastmittel erkennbar.

Da der Hiatus sacralis tastbar ist, werden kaudale Injektionen mit und ohne Bildgebung durchgeführt. In Kapitel 5 wurde die Häufigkeit einer korrekten Nadelposition ohne Bildgebung bereits dargelegt (Barham and Hilton, 2010; Stitz and Sommer, 1999).

Als bildgebende Verfahren werden die Durchleuchtung, CT (bzw. CT-Fluoroskopie) und Ultraschall genutzt. Die Durchleuchtung (C-Bogen, Bildwandler, Fluoroskopie) ist weit verbreitet, da sie kosten- und strahlungsdosiseffizient ist. Kontrastmittelflussmuster können in Echtzeit beobachtet werden (Maus, 2024; Stratchko et al., 2023). Eine Herausforderung besteht jedoch darin, dass die Injektionsziele (Nervengewebe) und potenziell gefährdete Strukturen (Gefäße, Nervengewebe und Thekalsack) nicht sichtbar sind und durch Beziehung zu knöchernen Orientierungspunkten erschlossen werden müssen. Die Nadellokalisierung erfordert eine sorgfältige Korrelation orthogonaler planarer Ansichten. Die Fähigkeit, präprozedurale Querschnittsbilder (MRT) mit intraprozeduraler planarer Durchleuchtungsbeobachtung zu korrelieren, muss beherrscht werden und wird oft unterschätzt.

CT-geführte Injektionen werden hauptsächlich in der radiologischen Gemeinschaft verwendet. Sie bieten den Vorteile einer direkten Visualisierung des Zielgewebes und der gefährdeten Gewebe. In der CT ist schwierig, den Kontrastmittelfluss in Echtzeit darzustellen und so akzidentelle Injektionen in Gefäße zu erkennen (Bui and Bogduk, 2013; Maus, 2024; Stratchko et al., 2023). Mit einer CT-Fluoroskopie ist es besser möglich, die

Kontrastmittelverteilung auch in Gefäßen zu erkennen (Kranz et al., 2015). Durch multislice-Technik, intermittierende CT-Tomographie-Durchleuchten, Begrenzung der Z-Achsen-Ausdehnung von Planungsscans (oder Verzicht auf Planungsscans) und durch die Reduzierung des CT-Röhrenstroms (= low milliamperere CT fluoroscopy) (Paulson et al., 2001) während der Nadelplatzierung vor der Kontrastmittelinjektion kann die Dosis deutlich reduziert werden (Amrhein et al., 2016; Hoang et al., 2011). Auch eine moderne Detektortechnik, der Einsatz der Cone Beam CT kombiniert mit Augmented Reality kann für eine Dosisersparung sorgen (Chang et al., 2013; Key et al., 2023; Sarti et al., 2012).

Ultraschall hat den potenziellen Vorteil der Echtzeitführung ohne ionisierende Strahlung. Nerven und Gefäße sind sichtbar, so dass ein Kontakt vermieden werden kann. Ultraschall ist mit der Unsicherheit der Segmentidentifizierung an der Wirbelsäule und der genauen Nadelpositionierung verbunden (Ehsanian et al., 2019). Innerhalb des knöchernen Foramens und des Zentralkanals kann der Ultraschall weder intraforaminale Gefäße noch eine intravasale Applikation oder die epidurale Ausbreitung dokumentieren.

Evidenz von Studien

Randomisierte Studien

In sämtlichen randomisierten Studien, die eine transforaminale Injektion untersucht haben, wurde die konventionelle Durchleuchtung (Fluoroskopie) als Bildgebung verwendet. Es gibt keine Studien mit hoher oder moderater Evidenz zu transforaminalen Injektionen mit Verwendung von CT (sequenzielle CT oder CT-Fluoroskopie) oder Ultraschall. Es wurden auch sämtliche interlaminären Injektionen an der HWS in den randomisierten Studien mit Durchleuchtung durchgeführt.

Eine randomisierte Studie hat in drei Behandlungsarmen bei Patienten mit lumbaler Spinalkanalstenose Kortison, GOLDIC oder manuelle Therapie bei einer interlaminären Injektion mit Hilfe von Ultraschall untersucht (Godek et al., 2023). Alle anderen randomisierten Studien mit Bildgebung haben Durchleuchtung verwendet.

Ebenso gibt es bei den randomisierten Studien zu kaudalen Injektionen eine Studie, die Ultraschall verwendet hat (Vergleich Kortison, Lokalanästhesie mit und ohne Ozon), alle anderen randomisierten Studien mit Bildgebung haben Durchleuchtung genutzt (Rayegani et al., 2023).

Computertomographie

Häufig wird die Strahlenbelastung im Vergleich CT versus Durchleuchtung diskutiert. Eine Reihe von Studien haben diese Problematik untersucht, die Ergebnisse sind heterogen. Hoang et al. fanden eine geringere Strahlenbelastung für die reine Injektion in der CT (0,45 mSv versus 0,85 mSv), allerdings sei die Strahlenbelastung für den Planungs-CT-Scan hinzuzurechnen, welcher die größte Strahlenbelastung verursacht, so dass in Summe die

Strahlenbelastung in der CT im Vergleich zur Durchleuchtung viermal größer ist (3,35 mSv versus 0,85 mSv) (Hoang et al., 2011). Artner et al. kommen zu einer geringeren Dosisberechnung bei einer interlaminären Injektion in der CT (1,34 mSv) und bei einer transforaminalen Injektion in der CT (1,38 mSv) (Artner et al., 2012). Auch Chang et al. geben 1,34 mSv für eine interlaminäre Injektion in der CT an (Chang et al., 2013). Bui & Bogduk haben die Strahlenexposition verglichen und geben eine realistische Dosis von 0,08 mSv für Durchleuchtung und 1,5–3,53 mSv für eine CT mit Standardprotokoll (0,22–0,43 mSv, weniger im Low-dose Protokoll) an (Bui and Bogduk, 2013). Maino et al. fanden eine nahezu 8-fach höhere Strahlenbelastung in der CT (1,59 mSv versus 0,19 mSv) (Maino et al., 2018).

Durch eine Veränderung des Protokolls zur Erstellung des Planungs-CT-Scans konnte eine Dosisreduktion um 30 % (Lindemann et al., 2023) oder sogar auf ein Fünftel (Amrhein et al., 2016) bzw. um mehr als 90 % (Elsholtz et al., 2019) erreicht werden. Neuere Studien geben daher deutlich niedrigere Werte für CT-geführte Injektionen an, z. B. 0,24 mSv Durchleuchtung versus 0,33 mSv CT (Bogdanovic et al., 2023) oder 0,07 mSv gepulste Durchleuchtung versus 0,22 mSv CT (Schmid et al., 2006; Stratchko et al., 2023). Stratchko et al. folgern, dass die Strahlendosis nicht die Auswahl zwischen CT und Durchleuchtung beeinflussen sollte (Stratchko et al., 2023).

Durch die Verwendung der CT-Fluoroskopie kann durch wiederholtes Scannen ohne Tischvorschub eine Echtzeit-Darstellung (Bildrekonstruktion mehrfach pro Sekunde) der Nadelposition erreicht werden. Dadurch wird die Darstellung einer unbeabsichtigten intravasculären Injektion besser erkennbar (Kranz et al., 2015). Durch Ersetzen des Planungs-Scans durch eine punktuelle CT-Fluoroskopie kann weitere Strahlung eingespart werden (Paik, 2016, 2014). In einer Studie konnte mit einer ultra-low dose CT-Fluoroskopie und Verzicht auf einen Planungs-Scan eine niedrigere Strahlendosis ($0,15 \pm 0,11$ mSv) als unter Durchleuchtung ($0,30 \pm 0,34$ mSv) erreicht werden (Wieschhoff et al., 2022).

Ein wichtiger Aspekt bezüglich der Sicherheit insbesondere von transforaminalen Injektionen an der HWS ist das Vermeiden einer intraarteriellen Injektion, welche zu lebensbedrohlichen Komplikationen führen kann. Ein Vorteil der CT ist, dass Blutgefäße sichtbar sind, so dass eine Injektion z. B. in die Arteria vertebralis vermeidbar sein sollte (Wald et al., 2014). Dennoch gibt es auch einen Fallbericht von Kleinhirn- und Rückenmarkinfarkt nach akzidenteller Injektion in die Arteria vertebralis bei einer CT-gestützten transforaminalen Injektion (Suresh et al., 2007). Um eine intravasale Kontrastmittelverteilung unter CT-Kontrolle zu identifizieren, muss man wissen, dass ein Gefäß in einem axialen Schnitt als Linie, Liniensegment oder Punkt erscheinen kann. Aus der axialen Ebene herausfließendes Kontrastmittel kann schwierig zu erkennen sein. Tatsächlich reicht es nicht aus, erst nach Kontrastmittelinjektion das CT-Bild zu beurteilen, da dann ein Kontrastmittelfluss in Richtung Rückenmark unentdeckt bleiben kann (Smuck et al., 2007). Oftmals kommt es zu einer kombinierten epiduralen und intravasalen Kontrastmittelanreicherung (Smuck et al., 2007).

Die Rate einer ungewollten Durapunktion bei einer zervikalen interlaminären Injektion mit CT-Fluoroskopie beträgt in einer Studie 1,4 % (14/974 Patienten) (Amrhein et al., 2017). Mehrere Fälle einer Paraplegie nach CT-geführter Injektion (Houten and Errico, 2002; Kennedy et al.,

2009; Somayaji et al., 2005) und ein Fall einer direkten Rückenmarkspunktion bei einer CT-geführten transforaminalen zervikalen Injektion sind beschrieben (Chang, 2018).

Es existieren ein Review aus dem Jahr 2012 und mehrere Beobachtungsstudien die die Wirksamkeit und Sicherheit CT-geführter Injektionen zeigen (Fenster, 2016; Stueckle et al., 2021). Bui & Bogduk sehen in ihrem Review bei sehr niedriger Evidenz keinen Vorteil der CT-Führung gegenüber Durchleuchtung in Bezug auf Wirksamkeit und Sicherheit lumbaler transforaminaler Injektionen (Bui and Bogduk, 2013). Eine aktuelle Studie hat den Effekt zervikaler transforaminaler Injektionen im CT untersucht (Aldin et al., 2024). Eine signifikante Reduktion von Nackenschmerzen fand sich bei 45 % der Patienten, eine signifikante Reduktion der Bewegungseinschränkung zeigte sich bei 56 % der Patienten. Radikuläre Beschwerden wurden nicht untersucht. Zudem findet sich ein Loss to follow-up von 29,2 %.

Ultraschall

Mehrere Studien haben mit Durchleuchtung oder CT validiert, ob bei einer Ultraschall-geführten Injektion das Ziel erreicht wurde. Lee et al. haben Injektionen an zervikale Spinalnerven untersucht (Lee et al., 2013). Die Injektion unter Ultraschall mit Applikation von Kontrastmittel wurde mit Durchleuchtung kontrolliert. Die Zielposition der Nadel (Spinalnerv) unterschied sich um 1,9 cm (schräges Bild) bzw. 2,3 cm (ap) vom Ziel einer Injektion unter Durchleuchtung (Nervenwurzel). Das laterale Foramen wurde bei 53 % der Injektionen vom Kontrastmittel erreicht, das mediale Foramen bei 34 %. Auch Wang et al. haben transforaminale Injektionen an der HWS untersucht (Wang et al., 2021). CT wurde genutzt, um die Genauigkeit der Nadelposition zu überprüfen. Eine korrekte Nadelposition wurde bei 23/26 Patienten (88,5 %) gefunden. Eine foraminale Verteilung des Kontrastmittels in der CT-Kontrolle fand sich bei 61,9 % der Patienten nach ultraschall-geführter Nervenwurzelblockade in der Studie von Ma et al. (Ma et al., 2023).

Transforaminale Injektionen unter Ultraschall an fünf Kadavern der LWS wurden von Gofeld et al. untersucht (Gofeld et al., 2012). Eine Injektion in Höhe Lw5/Sw1 war bei zwei Kadavern nicht möglich. Bei allen anderen 46 Injektionen konnte eine Nadelposition im Foramen später mit Durchleuchtung bestätigt werden. Eine intraforaminale Kontrastmittelverteilung fand sich in 91,3 %. Eine intravaskuläre Kontrastmittelverteilung fand sich bei 6,5 % der Injektionen. Chumanvej et al. haben bei lumbalen transforaminalen Injektionen eine Luftblase erzeugt und damit die Lage der Nadelspitze im Ultraschall kontrolliert (Chumanvej et al., 2018). Die Kontrastmittelverteilung wurde unter Durchleuchtung beurteilt. 80 % der Nadeln waren korrekt positioniert, die anderen in falschen Etagen oder nicht in der Nähe des Foramens. Hashemi et al. haben bei 20 Patienten die Nadellage und die Kontrastmittelverteilung einer lumbalen Ultraschall-geführten Injektion mit Durchleuchtung kontrolliert (Hashemi et al., 2019b). Eine korrekte Nadelposition fand sich in 90 %, bei zwei Patienten war die Nadelspitze zu weit medial positioniert. Auch Falsafi et al. haben transforaminale Injektionen untersucht (Falsafi et al., 2021). 36 der 38 Injektionen (94,7 %) erreichten den korrekten Level.

Eine Studie hat die Medikamentenverteilung nach Ultraschall-geführter kaudaler Injektion in Durchleuchtung kontrolliert (Yoon et al., 2005). Eine korrekte Nadelposition wurde in 50/52 (96,2 %) Patienten bestätigt.

Bezüglich der Sicherheit existiert ein Fallbericht mit einer vorübergehenden Paraplegie nach Ultraschall-geführten Injektionen an die Facettengelenke und einer kaudalen epiduralen Injektion in einer Sitzung (Teixeira and Barbosa, 2023).

Wenige Reviews berichten über ultraschall-geführte epidurale Injektionen. Zwei Publikationen von Ehsanian et al. haben Nervenwurzelblockaden an der HWS untersucht (Ehsanian et al., 2021, 2019). Empfohlen wird die zusätzliche Verwendung von Durchleuchtung zur Kontrolle. Auf Grund einer unterschiedlichen Zielposition der Nadel würde eine epidurale Verteilung der Medikation mit Ultraschall nur in 50 % der Fälle erreicht. Eine intravasale Injektion konnte im Ultraschall nicht ausgeschlossen werden. Ggf. kommt eine Kombination aus Ultraschall und Durchleuchtung in Frage, um eine epidurale Verteilung der Medikation sicherzustellen und eine intravasale Injektion auszuschließen. Generell ist die Evidenz Ultraschall-geführter Injektionen deutlich schlechter im Vergleich zur Durchleuchtung.

In einem Review von Soni & Punj wurden sieben Artikel (drei Kadaverstudien) und ein Fallbericht zu transforaminalen Injektionen und fünf Artikel zu Nervenwurzelblockaden eingeschlossen (Soni and Punj, 2021). Es werden allerdings nur technische Aspekte zum Ultraschall (in-plane oder out-of-plane, axial oder parasagittal) und zur Nadelposition genannt, keine klinischen Ergebnisse. Eine Kontrolle der Nadelposition in Durchleuchtung wird empfohlen.

Vergleichsstudien

Eine große Anzahl von Studien hat die verschiedenen Bildgebungsverfahren Durchleuchtung, CT und Ultraschall miteinander verglichen. An der HWS wurde vor allem Ultraschall versus Durchleuchtung untersucht. In einer randomisierten Studie (Ultraschall mit Durchleuchtungskontrolle, Nervenwurzelblockade versus transforaminale Injektion) konnte kein signifikanter Unterschied der Schmerzreduktion festgestellt werden, allerdings wurden Patienten ohne Wirkung ausgeschlossen und es fehlen kategorische Daten (Jee et al., 2013). Zwei Studien aus einer Arbeitsgruppe haben Daten retrospektiv ausgewertet (Jang et al., 2020; Park et al., 2019). Es fanden sich keine signifikanten Unterschiede im Erfolg im Vergleich Nervenwurzelblockade versus interlaminärer Zugang. Allerdings wurde ein großer Anteil von Patienten (36 % bzw. 30 %) nicht ausgewertet. Zudem handelt es sich um indirekte Evidenz, da unterschiedliche Methoden (transforaminal bzw. interlaminär) verwendet wurden. Eine weitere randomisierte Studie (Ultraschall mit Durchleuchtungskontrolle, Nervenwurzelblockade versus transforaminale Injektion) fand ebenfalls keine signifikanten Unterschiede bezüglich Schmerz und Neck Disability Index, aber signifikant kürzere Behandlungszeiten beim Ultraschall (Cui et al., 2022). Zwei Reviews haben die genannten Studien zusammengefasst (Ahmed et al., 2023; Ehsanian et al., 2019).

Eine Studie hat bei transforaminalen Injektionen Durchleuchtung versus CT-Fluoroskopie verglichen und signifikant bessere Ergebnisse bezüglich Schmerzreduktion und Neck Disability Index bei Verwendung von CT-Fluoroskopie gefunden (Lee and Lee, 2011). Zwei Studien haben Ultraschall versus CT verglichen ohne signifikante Unterschiede der Schmerzreduktion. Obernauer et al. haben Ultraschall mit CT Kontrolle versus CT alleine bei periradikulären Injektionen untersucht und fanden eine kürzere Eingriffszeit, weniger Strahlenbelastung und weniger Nadelfehllagen bei Ultraschall mit CT (Obernauer et al., 2013). Yue et al. konnten mit beiden Methoden (Ultraschall mit CT-Kontrolle versus CT-Fluoroskopie, transforaminal) zufriedene Kontrastmittelverteilungen finden (Nachweis non-inferiority), aber ebenfalls kürzere Eingriffszeiten mit Ultraschall.

An der LWS gibt es eine Studie, die am Kadaver transforaminale Injektionen mit Ultraschall versus Durchleuchtung verglichen hat (Thompson et al., 2018). In allen Fällen konnte eine epidurale Verteilung vom Kontrastmittel bzw. Farbstoff erreicht werden. Dies ist die einzige Studie, in der die Eingriffsdauer beim Ultraschall länger war als bei Durchleuchtung. In zwei randomisierten Studien zu transforaminalen (Yang et al., 2016; Zhao et al., 2023) Injektionen und einer zu interlaminären Injektionen fand sich kein signifikanter Unterschied im klinischen Ergebnis (Evansa et al., 2015). Ein Review hat zwei der genannten Studien zusammengefasst (Ahmed et al., 2023).

Drei nicht-randomisierte Studien über transforaminale Injektionen haben Durchleuchtung versus CT verglichen. In der Studie von Dietrich et al. lagen Ergebnisse nur für 23 % der Patienten vor, eine gemeinsame Einschlussdiagnose gab es nicht (Dietrich et al., 2019). Nur bei einem kleinen Teil dieser Patienten wurde die Strahlenbelastung ausgewertet. Auch in der Studie von Kamp et al. wurden Patienten mit heterogenen Diagnosen eingeschlossen (Kamp et al., 2022). In der Studie von Rafati fehlen Angaben zur technischen Durchführung der Injektionen (Rafati et al., 2023). In keiner der drei Studien fanden sich klinisch signifikante Unterschiede beider Gruppen. Die Strahlenbelastung für den Patienten war mit Durchleuchtung geringer.

Eine randomisierte Studie hat Ultraschall versus CT bei periradikulären Injektionen untersucht (Plaikner et al., 2023). Auch hier fanden sich keine signifikanten Unterschiede der klinischen Ergebnisse, allerdings war die Intervention mit Ultraschall schneller mit geringerer Strahlenbelastung und weniger Nadelkorrekturen.

Fünf randomisierte Studien haben bei kaudalen Injektionen Ultraschall versus Durchleuchtung untersucht (Akkaya et al., 2017; Elashmawy et al., 2020; Hazra et al., 2016; Park et al., 2013; Poutoglidou et al., 2021). Bei Park et al. wurden Patienten ohne erfolgreiche erste Injektion nicht ausgewertet (Park et al., 2013). Die Studiengruppen bei Poutoglidou et al. waren heterogen bezüglich des ODI zu Beginn (Poutoglidou et al., 2021). Keine Studie konnte einen klinischen Vorteil einer Methode nach einem oder drei Monaten herausarbeiten. Vier retrospektive Studien konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede im klinischen Ergebnis finden (KesiLmez et al., 2023; Lee et al., 2024; Park et al., 2015; Senkal and Sir, 2021).

Zusammenfassend zeigen die Studien, die an der HWS Ultraschall mit Durchleuchtung oder CT verglichen haben, keine signifikanten Unterschiede im klinischen Erfolg. Allerdings waren die Strahlenbelastung und die Behandlungszeit mit Ultraschall geringer. Eine Studie zeigte an der HWS bessere Ergebnisse bei Verwendung von CT-Fluoroskopie im Vergleich zu Durchleuchtung. Keine der Studien an der LWS konnte einen signifikanten Unterschied der klinischen Ergebnisse herausarbeiten. Bei fast allen Studien war die Interventionszeit mit Ultraschall schneller als in der Vergleichsgruppe und die Strahlenbelastung geringer. Vier von sechs Studien an der HWS und vier von fünf Studien an der LWS, welche Ultraschall verwendet haben, haben die Nadellage mit Durchleuchtung oder CT kontrolliert. Auch für kaudale Injektionen konnte kein Unterschied im klinischen Ergebnis zwischen Injektionen mit Ultraschall versus Durchleuchtung gefunden werden.

Die Details zu den vergleichenden Studien finden sich im Dokument „Evidenztabelle“.

Existierende Leitlinien

In den NICE-Guidelines (NICE, 2016) steht, dass eine kaudale Injektion mit Ultraschall möglich sei, ansonsten wird als bildgebendes Verfahren ausschließlich die Durchleuchtung genannt. Die ASIPP Leitlinie (Manchikanti et al., 2021b) berücksichtigt Studien, die mit Ultraschall oder CT durchgeführt wurden, gibt aber keine Empfehlung für diese bildgebenden Verfahren ab. Auch in den Leitlinien der NASS (North American Spine Society (NASS), 2020) und der ASPN (Sayed et al., 2022) gibt es keine Empfehlungen zur Verwendung von Ultraschall oder CT.

Die S2k Leitlinie zur konservativen, operativen und rehabilitativen Versorgung bei Bandscheibenvorfällen mit radikulärer Symptomatik (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, 2020) gibt keine Empfehlung ab, welche Bildgebung zu verwenden ist, beschreibt aber eine erhöhte Strahlenexposition, die schlechtere Erkennbarkeit von aus der Ebene herausfließendem Kontrastmittel und die geringere Evidenz von CT im Vergleich zur Durchleuchtung.

Empfehlungen

Sämtliche randomisierte Studien zur Nutzenbewertung einer transforaminalen Injektion an der HWS oder LWS und alle randomisierten Studien zur Nutzenbewertung einer interlaminären Injektion an der HWS haben ausschließlich Durchleuchtung verwendet. Für interlaminäre Injektionen an der LWS und für kaudale Injektionen gibt es jeweils eine RCT, die Ultraschall verwendet hat.

Bei den meisten Studien, die Ultraschall versus Durchleuchtung, Durchleuchtung versus CT oder Ultraschall versus CT untersucht haben, fanden sich keine signifikanten Unterschiede in den klinischen Ergebnissen. Nur in einer Studie waren die Ergebnisse mit CT denen der Durchleuchtung überlegen.

In den internationalen Leitlinien wird die Durchleuchtung als Verfahren genannt. In den deutschen Leitlinien gibt es keine Empfehlung für ein bestimmtes Verfahren der Bildgebung.

| 7.1 | Empfehlung | Stand (2025) |
|---|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: B ↑ | Goldstandard für transforaminale und interlaminäre Injektionen ist die Durchleuchtung. Transforaminale Injektionen (PRT) und interlaminäre Injektionen an der HWS und LWS sollten unter Durchleuchtung durchgeführt werden. | |
| Qualität der Evidenz: hoch ⊕⊕⊕⊕ | (Borton et al., 2022; Cohen et al., 2014; Conger et al., 2020; Dincer et al., 2007; Engel et al., 2016; Ghahreman et al., 2010; Helm et al., 2021; Manchikanti et al., 2015b; Sharma et al., 2017; Smith et al., 2020; Srivastava et al., 2021; Vad et al., 2002; Vorobeychik et al., 2016) | |
| | Konsensstärke: Konsens (90,9 %, 10/11, 1 Enthaltung) | |

| 7.2 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|--|--------------|
| Empfehlungsgrad: 0 ↔ | Für eine transforaminale und interlaminäre Injektion kann die CT oder der Ultraschall verwendet werden. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Dietrich et al., 2019; Kamp et al., 2022; Lee and Lee, 2011; Rafati et al., 2023) | |
| | Konsensstärke: Konsens (81,8 %, 9/11, 2 Enthaltungen) | |

| 7.3 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: 0 ↔ | Wenn die CT als bildgebendes Verfahren verwendet wird, kann eine CT-Fluoroskopie mit Verzicht auf einen Planungsscan erfolgen. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Kranz et al., 2015; Paik, 2016, 2014; Wieschhoff et al., 2022) | |
| | Konsensstärke: Konsens (81,8 %, 9/11, 2 Enthaltungen) | |

| 7.4 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: B ↑ | Kaudale epidurale Injektionen sollten mit Durchleuchtung erfolgen. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Dincer et al., 2007; Srivastava et al., 2021) | |
| | Konsensstärke: Konsens (90,1 %, 10/11, 1 Enthaltung) | |

| 7.5 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|--|--------------|
| Empfehlungsgrad: 0 ↔ | Für eine kaudale Injektion kann Ultraschall verwendet werden. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Rayegani et al., 2023) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

6.2. Frage 8: Was gibt es bei der technischen Durchführung eine epiduralen Injektion zu beachten?

Es kann überlegt werden, für eine epidurale Injektion 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., 2015). Eine Sedierung bedeutet aber neben dem erhöhten Aufwand auch die Tatsache, dass bei tiefer Sedierung der Patient nicht berichten kann, wenn neue Beschwerden auftreten. Daher wird häufig Wert darauf gelegt, dass zu jedem Zeitpunkt eine Kommunikation mit dem Patienten möglich ist.

Bei einer transforaminalen Injektion (PRT) sind an der LWS verschiedene Zugänge möglich (Maus, 2024). Als klassischer Zugang wird eine Nadellage im „Safe triangle“ bezeichnet, also direkt unterhalb des Pedikels und cranialateral des Spinalganglions. Dieser Zugang wird auch als supraneural oder subpedikulär bezeichnet. Das Kontrastmittel breitet sich nach cranial entlang des Spinalnerven und der Nervenwurzel aus. Bei einem infraneuralen (retrodiskalen) Zugang liegt die Nadel im „Kambin’schen Dreieck“ in Höhe des Bandscheibenlevels direkt benachbart zum Processus articularis superior. Das Kontrastmittel breitet sich nach kaudal aus.

Bei einer interlaminären Injektion ist es das Ziel, Medikamente in den lateralen und ventralen Epiduralraum zu geben, wo die Nozizeption stattfindet (Maus, 2024). Um dies zu erreichen, wird neben einem Mittellinienzugang auch ein parasagittaler Zugang verwendet, der ggf. Vorteile bei der Verteilung der Medikamente bietet. Schwierig ist es oft, die genaue Tiefe der Nadel im Spinalkanal im Durchleuchtungsbild zu erkennen. Neben dem lateralen Bild kommt zur Verbesserung der Darstellung auch ein so genannter „contralateral oblique view“ in Frage.

Evidenz von Studien

Sedierung

Cucuzzella et al. haben Ergebnisse eines Fragebogens veröffentlicht, der an Patienten nach Injektionen an der Wirbelsäule verteilt wurde (Cucuzzella et al., 2006). 17 % der 500 Patienten bekamen eine Sedierung vor der Intervention. 28 % der Patienten wünschen sich eine Sedierung für einen eventuellen Folgeeingriff. In der Umfrage von Kim et al. haben 58 % der Patienten eine Sedierung mit Diazepam gewählt (Kim et al., 2007). Schaufele et al. haben bei 1.228 Interventionen mit Lokalanästhesie und Sedierung und 1.266 Interventionen nur mit Lokalanästhesie keine signifikant unterschiedliche Häufigkeit von Komplikationen in den ersten drei Tagen gefunden (Schaufele et al., 2011). Diehn et al. haben bei über 6.000 transforaminalen Injektionen nur bei sieben Patienten (0,1 %) Sedierung verwendet (Diehn et al., 2013). Dennoch war die Zufriedenheit bei den meisten Patienten ohne Sedierung „excellent“ (51 %), „very good“ (30 %) oder „good“ (15 %). Die ASIPP hat Guidelines bezüglich Sedierung herausgegeben (Kaye et al., 2019a). Eine tiefe Sedierung oder Narkose wird als unsicher angesehen, da der Patient nicht mehr kommunizieren kann. Karamnov et al. berichten über eine Übersedierung mit Apnoe bei 57,7 % der Patienten mit moderater Sedierung (Karamnov et al., 2017).

In der einzigen randomisierten Studie mit hoher Qualität der Evidenz zu transforaminalen Injektionen mit und ohne Sedierung wurden 64 Patienten behandelt (Sencan et al., 2019). Es fand sich ein signifikant niedriger Schmerzlevel während der Intervention und eine signifikant größere Zufriedenheit mit Sedierung.

Die American Society of Anesthesiologists hat ein Statement zur anästhesiologischen Versorgung während schmerztherapeutischer Interventionen herausgegeben (American Society of Anesthesiologists, Committee on Pain Medicine, 2021). 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. In den FactFinders der International Spine and Pain Intervention Society wird darauf hingewiesen, dass es einen Zusammenhang zwischen schwerwiegenden Komplikationen und tiefer Sedierung gibt (Holder et al., 2024; B. Schneider et al., 2018). Es wird keine Indikation für eine routinemäßige Verwendung von Sedierung gesehen.

Transforaminale Injektionen

In einer retrospektiven Studie fanden Lee et al. nicht signifikant ($p = 0,056$) bessere Ergebnisse nach infraneuralem Zugang versus supraneuralem Zugang nach zwei Wochen (Lee et al., 2006a). Ebenfalls zeigte die randomisierte Studie von Jeong et al. nach einem Monat signifikant bessere Ergebnisse für den infraneuralen Zugang, nicht jedoch nach sechs Monaten (Jeong et al., 2007). Zwei randomisierte Studien von Park CH et al. und Park KD et al. haben den klassischen subpedikulären Zugang mit einem infraneuralen Zugang vergleichen und nach bis zu zwölf Wochen keinen signifikanten Unterschied der Schmerzreduktion festgestellt. Die vier genannten Studien werden in einem Review zusammengefasst (Pairuchvej et al., 2018). Auch bei der Untersuchung der Kontrastmittelverteilung mit verschiedenen Volumina (Kim et al., 2018) oder des notwendigen Volumens, um den ventralen Epiduralraum zu erreichen (Ghai, 2020) gab es keinen signifikanten Unterschied der Verteilung über verschiedene Level. Jin et al. fanden hingegen eine bessere Kontrastmittelverteilung beim infraneuralen Zugang (Jin et al., 2022). Keinen signifikanten Unterschied der klinischen Ergebnisse nach bis zu sechs Monaten fanden Singh et al. (Singh et al., 2022). Ein Studienprotokoll, aber noch keine Ergebnisse veröffentlichten Galley et al. (Galley et al., 2023).

Interlaminäre Injektionen

Eine retrospektive Studie an der HWS fand keine signifikanten Unterschiede beider Zugänge (Yoon et al., 2015). Eine randomisierte Studie zeigt hingegen bessere Ergebnisse bezüglich Schmerz und auch bezüglich der Kontrastmittelverteilung bei parasagittalem Zugang (Hashemi et al., 2019a).

Drei randomisierte Studien haben an der LWS die klinischen Ergebnisse eines Mittellinienzugangs mit einem parasagittalen Zugang verglichen. Zwei Studien zeigten bei einseitigen Schmerzen signifikant bessere Ergebnisse für den parasagittalen Zugang (Ghai et al., 2013; Makkar et al., 2019), in einer Studie waren die Ergebnisse bei einseitigen oder bilateralen Schmerzen nicht signifikant unterschiedlich (Kumar et al., 2022). Ein systematisches Review mit Meta-Analyse fand ebenfalls signifikant bessere Ergebnisse bezüglich Schmerz und ODI für die parasagittale Gruppe bei einseitigen Schmerzen (Knezevic et al., 2021).

Landers et al. haben in einer theoretischen Studie über die Geometrie zervikaler epiduraler Injektionen die physikalischen Grundlagen für die Darstellung der Nadeltiefe im Spinalkanal unter Durchleuchtung mit Hilfe eines contralateral oblique view geschaffen (Landers et al., 2012). Gill et al. haben die Kontrastmittelverteilung dreidimensional analysiert im ap-Strahlengang, lateral und contralateral oblique. Es wurde gefolgert, dass das ap-Bild ideal ist für die Platzierung der Nadel, das contralateral oblique Bild für die Erkennung der epiduralen Ausbreitung und das laterale Bild für die Erkennung der Ausbreitung in den ventralen Epiduralraum (Gill et al., 2020, 2015). In einer randomisierten klinischen Studie konnte gezeigt werden, dass mit dem contralateral oblique view das Positionieren der Nadel schneller geht,

die Nadel besser sichtbar ist und häufiger richtig lokalisiert ist im Vergleich zum lateralen Bild. Allerdings fanden sich keine Unterschiede in den klinischen Ergebnissen.

Bei der Auswahl des idealen Levels einer zervikalen interlaminären Injektion ist eine Betrachtung des MRT (am besten im T1-gewichteten Bild) vor der Intervention angeraten, um zu erkennen, ob ein mit Fett gefüllter Epiduralraum vorhanden ist (Rathmell et al., 2015). Eine zervikale interlaminäre Intervention sollte nicht in einer Etage mit signifikanter Spinalkanalstenose erfolgen (Holder et al., 2024; Maus, 2024).

Die Details zu der randomisierten Studie über Sedierung, zu den Studien über den Zugangsweg bei transforaminalen Injektionen und zu den Studien zu interlaminärem Mittellinienzugang versus parasagittalem Zugang finden sich im Dokument „Evidenztabelle“.

Existierende Leitlinien

Die „Safeguards“, ein Konsensus-Papier von 13 Fachgesellschaften, von der U.S. Food and Drug Administration initiiert, empfiehlt keine moderate oder tiefe Sedierung bei epiduralen Injektionen (Rathmell et al., 2015). Bei einer leichten Sedierung sollte der Patient in der Lage sein zu kommunizieren. Eine zervikale interlaminäre Injektion wird in der Etage Hw7/Bw1 bzw. nicht cranial von Hw6/7 empfohlen.

Die S2k Leitlinie zur konservativen, operativen und rehabilitativen Versorgung bei Bandscheibenvorfällen mit radikulärer Symptomatik (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, 2020) beschreibt die verschiedenen Zugänge einer lumbalen transforaminalen Injektion (supra- und infraneural), gibt aber keine Empfehlung hierzu ab. Im Text wird angegeben, dass ein parasagittaler interlaminärer Zugang dem Mittellinienzugang überlegen zu sein scheint. Auch die ASIPP Leitlinie (Manchikanti et al., 2021b) beschreibt die unterschiedlichen Zugänge supra- und infraneural bzw. Mittellinie und parasagittal, ohne Empfehlungen zu nennen. In der Leitlinie der ASPN (Sayed et al., 2022) werden lediglich die Optionen parasagittal und Mittellinie für interlaminäre Zugänge benannt.

Im technischen Manual der IPSIS (Maus et al., 2024) wird darauf hingewiesen, dass eine Sedierung in der Regel nicht notwendig ist. Wird eine Sedierung verwendet, muss der Patient ansprechbar sein. Die Zugangswege transforaminal supra- und infraneural werden ausführlich beschrieben und Vor- und Nachteile beider Wege dargelegt. In Bezug auf die Wahrscheinlichkeit, eine Arterie zu punktieren, sei der infraneurale Zugang von Vorteil. Wegen (insbesondere an der HWS) häufig vorkommender Ligamentum flavum Defekte, wird der paramediane interlaminäre Zugang empfohlen. Zur Beurteilung der Nadeltiefe im Spinalkanal bei einem interlaminären Zugang wird ein contralateral view empfohlen. An der HWS wird eine interlaminäre Injektion in Höhe Hw7/Bw1 oder als zweite Wahl Hw6/7 empfohlen (Holder et al., 2024).

Empfehlungen

Zu Sedierung gibt es Konsens bei den Fachgesellschaften. Die Qualität der Evidenz für die beiden Zugangswege subpedikulär und infraneural bei transforaminalen Injektionen an der LWS ist hoch, so dass beide Möglichkeiten empfohlen werden. Auch für die Verwendung eines parasagittalen Zugangs bei interlaminären Injektionen findet sich eine hohe Qualität der Evidenz. Nur eine randomisierte Studie hat den contralateral oblique view untersucht. Die Qualität der Evidenz für einen Level nicht weiter cranial als Hw6/7 bei zervikalen interlaminären Injektionen ist nicht hoch, die Fragestellung ist aber sicherheitsrelevant.

| 8.1 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: 0 ↔ | Eine Sedierung, bei der der Patient ansprechbar ist, kann bei einer epiduralen Injektion unter adäquatem Monitoring durchgeführt werden. | |
| Qualität der Evidenz: moderat ⊕⊕⊕○ | (Sencan et al., 2019) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

| 8.2 | Empfehlung | Stand (2025) |
|---|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: A ↑↑ | Bei der Planung des Zugangs zu einer transforaminalen Injektion der LWS (PRT) soll neben dem klassischen subpedikulären (supraneuralen) Zugang auch der infraneurale Zugang berücksichtigt werden. | |
| Qualität der Evidenz: hoch ⊕⊕⊕⊕ | (Ghai, 2020; Jin et al., 2022; Kim et al., 2018; Pairuchvej et al., 2018; Singh et al., 2022) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

| 8.3 | Empfehlung | Stand (2025) |
|---|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: A ↑↑ | Bei einem interlaminären Zugang an der HWS oder LWS soll ein parasagittaler Zugang verwendet werden. | |
| Qualität der Evidenz: hoch ⊕⊕⊕⊕ | (Hashemi et al., 2019a; Knezevic et al., 2021) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

| 8.4 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: B ↑ | Zur Erkennung der Nadeltiefe und der Ausbreitung des Kontrastmittels bei einem interlaminären Zugang unter Durchleuchtung sollte ein contralateral oblique view herangezogen werden. | |
| Qualität der Evidenz: moderat ⊕⊕⊕○ | (Gill et al., 2020) | |
| | Konsensstärke: Konsens (90,9 %, 10/11, 1 Enthaltung) | |

| 8.5 | Empfehlung | Stand (2025) |
|---|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: B ↑ | Eine zervikale interlaminäre Injektion sollte in der Etage Hw7/Bw1 bzw. nicht cranial von Hw6/7 durchgeführt werden. | |
| Qualität der Evidenz: sehr niedrig ⊕○○○ | (Rathmell et al., 2015) | |
| | Konsensstärke: Konsens (81,8 %, 9/11, 2 Enthaltungen) | |

6.3. Frage 9: Welche Medikamente sind für eine epidurale Injektion geeignet?

Eine sinnvolle Auswahl an Medikamenten für eine epidurale Injektion ist wichtig bezüglich Sicherheit und Wirksamkeit. In der Literatur am häufigsten eingesetzt werden Lokalanästhetika und Glukokortikoide. Es ist wichtig, die Nebenwirkungen und Risiken sowie die Interaktionen dieser Medikamente zu kennen, um eine geeignete Auswahl zu treffen.

Evidenz von Studien

Lokalanästhesie

In der Regel werden die Amide Lidocain, Bupivacain und Ropivacain für epidurale Injektionen eingesetzt. Sie unterscheiden sich in ihrer Wirkdauer, die für Lidocain bei ca. 1 ± 3 Stunden, bei Bupivacain bei ca. $17,8 \pm 7,2$ Stunden und bei Ropivacain bei ca. $15 \pm 5,4$ Stunden liegt (Maus et al., 2024). Für Lidocain und Bupivacain gibt es vergleichende Studien (Kortison versus Lokalanästhesie versus Kombination), die die Wirksamkeit bei epiduralen Injektionen belegen (Manchikanti, 2016; Manchikanti et al., 2020).

Bei zervikalen interlaminären Injektionen besteht die Möglichkeit einer ungewollten hohen Spinalanästhesie, weshalb manche Autoren auf Lokalanästhesie verzichten und stattdessen Kochsalz verwenden (Benzon, in Vorbereitung).

Manche Lokalanästhetika kristallisieren bei bestimmten pH-Werten. Durch Hinzufügen von bestimmten Kortisonpräparaten steigt der pH-Wert, was zur Kristallisation führen kann mit Kristallen, die so groß sind, dass sie Arteriolen verschließen können (Maus et al., 2024). Nachgewiesen wurde dies insbesondere für die Mischung von Ropivacain mit Dexamethason oder Bethamethason. Watkins et al. haben Kombinationen von Lidocain, Bupivacain und Ropivacain mit (wasserlöslichem, nicht-kristallinem) Dexamethason bezüglich Kristallisation und Präzipitation untersucht (Watkins et al., 2015). Bei allen Kombinationen von Ropivacain mit Dexamethason kam es zur Ausbildung von Kristallen, die durch ihre Größe in der Lage sind, Arteriolen zu verschließen, so dass bei intraarterieller Injektion das Risiko einer Embolie besteht. Hwang et al. haben die Abhängigkeit der Kristallisation vom pH-Wert nachgewiesen (Hwang et al., 2016). Bei der Kombination von Ropivacain mit Dexamethason bzw. Ropivacain mit Bethamethason wurden Kristalle nachgewiesen. Die Ergebnisse werden in der Studie von Kim et al. bestätigt, allerdings zeigte sich, dass sich die Kristalle durch Hinzufügen von Kontrastmittel auflösen können (Kim et al., 2022).

Eine systemische Lokalanästhetika-Intoxikation (LAST) ist beschrieben, aber auf Grund der verwendeten niedrigen Dosis an Lokalanästhesie sehr selten (Brown et al., 1995; Chung, 2011; DeFrancesch et al., 2018; Smuck et al., 2010). Zur Behandlung kommt eine Lipidtherapie in Frage (Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, 2019).

Kortisonpräparate

Eine Reihe von RCTs hat die Wirkung epiduraler Injektionen mit Lokalanästhesie versus Lokalanästhesie mit Kortison verglichen. Die Auswertung dieser Studien erfolgte entsprechend des Zugangswegs transforaminal, interlaminär und kaudal bei den Fragen 3–5. Zusätzlich existieren einige Reviews und Meta-Analysen, die gezielt die Frage untersucht haben, ob Kortison zusätzlich zum Lokalanästhetikum von Vorteil ist. Der Zugangsweg (transforaminal, interlaminär, kaudal) wurde in keiner Studie berücksichtigt.

Meng et al. haben in ihrer Meta-Analyse 13 RCTs untersucht bei Patienten mit lumbaler Spinalkanalstenose (Meng et al., 2015). Die Anzahl der Patienten mit mehr als 50 % Schmerzreduktion war nicht signifikant unterschiedlich (53,7 % versus 56,4 %). Lee et al. haben 15 Studien ausgewertet bei Patienten mit einem lumbalen Bandscheibenvorfall (Lee, 2018a). Es wurde Kortison versus ein beliebiges anderes Medikament (Lokalanästhesie, Kochsalz) verglichen. Es gibt eine schwache Empfehlung für die Verwendung von Kortison. Knezevic et al. haben 15 Studien ausgewertet, die Lidocain mit und ohne Kortison an der Brust- und Lendenwirbelsäule verwendet haben (Knezevic et al., 2021). Es wurde eine moderate Empfehlung für epidurale Injektionen mit und ohne Kortison ausgesprochen. Shantana et al. haben epidurale Injektionen in allen Wirbelsäulenbereichen eingeschlossen für alle Arten von nicht-tumorbedingten Schmerzen, wodurch eine starke Heterogenität der Studien akzeptiert wurde (Shanthanna et al., 2020). Es wird ein geringer Vorteil durch Hinzufügen von Kortison gesehen bei erhöhtem Risikopotential. Zhao et al. haben Patienten mit lumbalem Bandscheibenvorfall oder Stenose untersucht und Studien eingeschlossen, die Lidocain mit und ohne Kortison verwendet haben (Zhao et al., 2020). Signifikante Unterschiede nach einem oder zwei Jahren fanden sich nicht. Bupivacain mit und ohne Kortison wurde von Manchikanti et al. untersucht (Manchikanti et al., 2020). Bupivacain und Bupivacain mit Kortison waren in den sieben ausgewerteten Studien gleich wirksam. Fang et al. haben 21 Studien an Hals- und Lendenwirbelsäule untersucht (allerdings waren 19 von demselben Autor mit teilweise identischen Patienten). Injektionen mit Kortison waren besser bezüglich ODI nach einem Jahr und bezüglich Schmerzen nach drei Monaten. Für die HWS wurden von Mesregath et al. vier Studien eines Autors zusammengefasst, ohne dass signifikante Unterschiede beider Gruppen festgestellt wurden (Mesregath et al., 2020).

Einige Studien haben sich mit der Frage beschäftigt, welches Kortisonpräparat am besten für eine epidurale Injektion geeignet ist. In den internationalen Studien wurden vor allem Methylprednisolon, Triamcinolon, Betamethason und Dexamethason verwendet. In Deutschland sind vor allem Triamcinolon und Dexamethason verbreitet. Besonders relevant für die Auswahl des Kortisonpräparates sind die seltenen, aber teils katastrophalen Komplikationen, die insbesondere nach transforaminalen Injektionen an der Hals- und Lendenwirbelsäule, mit Durchleuchtung oder CT, beschrieben wurden (Baker et al., 2003; Beckworth et al., 2013; Benny et al., 2010; Brouwers et al., 2001; Chang, 2018; Epstein, 2018; Karasek and Bogduk, 2004; Moon and Kwon, 2017; Popescu et al., 2013; Rozin et al., 2003; B. J. Schneider et al., 2018; Suresh et al., 2007). Eine mögliche Ursache für die in der Literatur berichteten Ischämien, Schlaganfälle, Paresen und Todesfälle sind thromboembolische Ereignisse nach unbeabsichtigter Injektion von kristallinem Kortison in eine das Rückenmark oder das Gehirn versorgende Arterie (Diehn et al., 2016). Die Inzidenz einer intravaskulären Injektion wird in der Literatur mit 11–13 % an der LWS, 21 % bei einer transforaminalen S1-Injektion am Sakrum und 20–31 % an der HWS angegeben (Furman et al., 2003, 2000; Jeon and Kim, 2018; Kranz et al., 2015; Nahm et al., 2010).

In der Mehrzahl der in der Literatur berichteten Fällen von schweren Komplikationen mit Lähmungen und Ischämien wurde kristallines Kortison verwendet. Es gibt nur einen Bericht

eines Conus medullaris Infarktes nach transforaminaler L4-Injektion mit Dexamethason (Gharibo et al., 2016). Es erscheint daher bei transforaminalen Injektionen relevant zu sein, ob kristallines Kortison (z. B. Triamcinolon, Methylprednisolon, Betamethason) oder wasserlösliches, partikelfreies Kortison (Dexamethason) verwendet wird. In der englischsprachigen Literatur wird zwischen „particulate steroid“ und „nonparticulate steroid“ unterschieden.

Als Erklärungsmechanismus wird von einer (teilweise) Embolisierung einer das Rückenmark oder das Gehirn versorgenden Arterie (Vertebralarterie, Segmentalarterie, Radikulärarterie, Arteria Adamkiewicz) durch die Partikel in dem Kortisonpräparat ausgegangen. Es konnte im Lichtmikroskop nachgewiesen werden, dass die Partikel bzw. die Aggregation der Partikel bei kristallinem Kortison (z. B. Triamcinolon, Methylprednisolon, Betamethason) größer sind als Erythrozyten und somit Gefäße embolisieren können (Derby et al., 2008). Im Gegensatz dazu wird Dexamethason als „nonparticulate“ bezeichnet, da die nachgewiesenen Partikel 5–10-mal kleiner sind als Erythrozyten. In einer aktuellen Studie wird ein weiteres Erklärungsmodell genannt. Im Tiermodell konnte gezeigt werden, dass kristalline Kortisonpräparate die Zellmembran von Erythrozyten deformieren, wodurch es zur Aggregation nicht des Kortisonpräparates, sondern der Erythrozyten mit nachfolgendem Gefäßverschluss kommt (Laemmel et al., 2016; Laredo et al., 2023). Die relative Sicherheit von Dexamethason wurde im Tiermodell nachgewiesen (Dawley et al., 2009; Okubadejo et al., 2008).

Die IPSIS geht davon aus, dass die Verwendung von wasserlöslichem Dexamethason anstelle von kristallinem Kortison nur für zervikale und lumbale transforaminale Injektionen einen Sicherheitsvorteil bringt. Für interlaminäre und kaudale Injektionen besteht kein Vorteil von Dexamethason (Maus et al., 2024).

Die Überlegenheit von Dexamethason bezüglich Sicherheit und Komplikationen bei transforaminalen Injektionen wurde nachgewiesen. Wichtig ist aber auch, dass die Wirksamkeit nicht schlechter ist als bei kristallinen Kortisonpräparaten. Es wurde daher die **Wirksamkeit kristalliner Kortisonpräparate versus Dexamethason** (wasserlöslich) untersucht. Für den interlaminären Zugang existiert eine randomisierte Studie, die keinen signifikanten Unterschied in der Schmerzreduktion festgestellt hat (Kim and Brown, 2011). Eine retrospektive Studie zeigte eine signifikant bessere Schmerzreduktion für das kristalline Kortison (Bensler et al., 2017), eine prospektive Studie empfiehlt Dexamethason (Parate et al., 2020).

Relevanter bezüglich einer unbeabsichtigten intraarteriellen Injektion sind die transforaminalen Zugänge. Für den transforaminalen Zugang an der LWS existieren drei randomisierte Studien, eine sehr große retrospektive non-inferiority Studie und drei weitere nicht-randomisierte Studien. Park et al. fanden in ihrer randomisierten Studie signifikant bessere Ergebnisse bei kristallinem Kortison (Park et al., 2010). In der randomisierten Studie von Kennedy et al. war die Zahl der Operationen nicht signifikant unterschiedlich in beiden Gruppen, ebenso der Erfolg nach drei und sechs Monaten, jedoch war die Anzahl der Patienten, die drei Injektionen benötigen haben in der Dexamethason-Gruppe signifikant höher (Kennedy et al., 2014). Denis et al. fanden in ihrer randomisierten Studie nicht nach drei aber

nach sechs Monaten bessere Ergebnisse in der Dexamethason-Gruppe (Denis et al., 2015). Eine retrospektive Studie mit über 2.600 Patienten konnte eine non-inferiority von Dexamethason nachweisen (El-Yahouchi et al., 2013). Eine retrospektive Studie von McCormick et al. fand keinen signifikanten Unterschied beider Gruppen (Loss to follow-up 38,5 %) (McCormick et al., 2016). Die übrigen beiden nicht-randomisierten Studien fanden bessere Ergebnisse mit kristallinem Kortison (Chatterjee et al., 2019; Tagowski et al., 2019). Transforaminale Injektionen an der HWS wurden in einer randomisierten Studie untersucht, die keine signifikanten Unterschiede fand (Dreyfuss et al., 2006). Zwei retrospektive Studien zeigten ebenfalls keinen signifikanten Wirksamkeitsunterschied (J. W. Lee et al., 2009; Shakir et al., 2013).

Zusammenfassend haben vier Reviews (Feeley et al., 2017; Kim et al., 2024; Makkar, 2016; Mehta et al., 2017) die Ergebnisse aufgearbeitet, wobei nur in einem die unterschiedlichen Zugangswege differenziert werden (Mehta et al., 2017). Eine Überlegenheit kristalliner Kortisonpräparate konnte nicht nachgewiesen werden.

Kortison-Dosis

In drei randomisierten Studien wurden unterschiedliche Dosierungen verglichen. Ahadian et al. fanden keine signifikanten Unterschiede bei Applikation von 4, 8 oder 12 mg Dexamethason lumbal transforaminal (Ahadian et al., 2011). Kang et al. haben Triamcinolon transforaminal an der LWS untersucht und fanden bei 5 mg nach einer Woche schlechtere Ergebnisse als bei 10, 20 oder 40 mg (Kang et al., 2011). Nach zwei Wochen waren die Ergebnisse nicht mehr signifikant unterschiedlich. Interlaminäre Injektionen mit 4 oder 8 mg Dexamethason zeigten ebenfalls keinen signifikanten Unterschied (Park et al., 2022).

Zulassung von Kortison epidural

In der internationalen Literatur zu epiduralen Injektionen wird darauf hingewiesen, dass die Anwendung von Kortison epidural off-label ist (Delaney and MacMahon, 2023; Maus, 2024). In einem Update bezüglich epiduraler Injektionen wird ausführlich beschrieben, dass die Kortisongabe epidural nicht durch die U. S. Food and Drug Administration (FDA) zugelassen ist (U.S. Food and Drug Administration, 2014) und Triamcinolon epidural „kontraindiziert“ sei („*listed as contraindication*“) (Dietrich et al., 2015).

Trotz der einheitlichen Bewertung epiduraler Injektionen als off-label in der internationalen Literatur und trotz bekannter anatomischer Verhältnisse (Bock, 1827) ist die Situation in Deutschland unübersichtlich. Missverständnisse entstehen dadurch, dass unterschiedliche Injektionsverfahren nicht präzise unterschieden werden und sprachlich ungenaue anatomische Bezeichnungen verwendet werden. Gerne wird von wirbelsäulennahen oder perivertebralen Injektionen gesprochen, ohne dass unterschieden wird, ob eine interlaminäre oder transforaminale epidurale Injektion gemeint ist oder ob eine Injektion an den Spinalnerven oder in den Gelenkspalt eines Facettengelenks oder in die Nähe der Gelenkkapsel erfolgt. So heißt es z. B. in einer Publikation zu wirbelsäulennahem Kortison:

„wonach mit PRT und/oder wirbelsäulennah sämtliche peridurale und extradurale Injektionen gemeint sind – allerdings grundsätzlich mit Ausnahme der Facetten“ (Schott, 2016). Oder es werden neue Begriffe geprägt, wie „perineuroforaminal“ in einer Stellungnahme der Kassenärztlichen Bundesvereinigung (Kassenärztliche Bundesvereinigung, 2014). Dieser Begriff lässt sich nicht in der wissenschaftlichen Literatur finden (Strohmeier, 2015). Es ist nicht nachvollziehbar, warum die Facettengelenke nicht „wirbelsäulennah“ sind und wie genau „extradural“, „peridural“ und „epidural“ zu differenzieren sind (gemeinsam ist den Begriffen, dass nicht „intradural“ gemeint ist).

In einer Information der Kassenärztlichen Vereinigung aus dem Jahr 2013 heißt es, das die Gabe von Kortikoiden zu „wirbelsäulennahen Injektionen (periradikulär, epiperineural oder epidural)“ nicht zugelassen und demnach off-label ist (Kassenärztliche Bundesvereinigung, 2013). Im Dezember 2014 wurde von der Kassenärztlichen Bundesvereinigung bekannt gegeben, dass es eine Erweiterung der Indikation für Volon A[®] 40 Kristallsuspension 1 ml und 5 ml (Triamcinolon) gibt (Kassenärztliche Bundesvereinigung, 2014). Dieses Kortisonpräparat sei zugelassen bei einer Perineuritis und einer Radikulopathie, wenn das Medikament „intrafokal“ um die Nervenwurzel herum appliziert wird (Kassenärztliche Bundesvereinigung, 2014). Somit sei eine Periradikuläre Therapie (PRT) kein Off-Label-Use. Allerdings erstreckt sich die Zulassung ausschließlich auf einen lateralen (extraduralen) Zugang, eine epidurale Anwendung wurde explizit ausgeschlossen. Diese Information des BfArM, die über die Kassenärztliche Bundesvereinigung an die Kassenärztlichen Vereinigungen und an die Ärzte weitergegeben wurde, ist in sich widersprüchlich, da es anatomisch nicht möglich ist, die Nervenwurzel zu erreichen, ohne eine Injektion in den Epiduralraum zu machen (jede periradikuläre Therapie, PRT, ist eine epidurale Injektion). Diese ungenauen Angaben lassen unterschiedliche Interpretationen zu und führen zu medizinischen, juristischen und wirtschaftlichen Unsicherheiten. In der aktuellen Fachinformation zu Volon A[®] ist nach wie vor nachzulesen, dass Volon A[®] nicht epidural angewendet werden darf (Dermapharm, 2022).

Entsprechend den Empfehlungen 1.1–1.4 dieser Leitlinie wird in dieser Leitlinie der Begriff periradikuläre Therapie (PRT) als *epidurale* transforaminale Injektion an die Nervenwurzel definiert. Nach dieser präzisen Definition sind Volon A[®], so wie alle anderen Kortikoide, nicht für eine periradikuläre Therapie (PRT) zugelassen. Zudem ist das erhöhte Risikopotential eines kristallinen Kortisons wie Volon A[®] (Triamcinolon) bei transforaminaler Anwendung wie oben erläutert zu beachten.

Als Begründung für die fehlende Zulassung für eine epidurale Anwendung wird in der Fachinformation der zusätzliche Inhaltsstoff Benzylalkohol (Dermapharm, 2022) genannt, dem eine neurotoxische Wirkung nachgesagt wird (Datta and Upadhyay, 2011; Feeley et al., 2017; Nelson and Landau, 2001). Bereits 1977 wurde ein Fallbericht einer Paraparese nach Epiduralanästhesie veröffentlicht (Craig and Habib, 1977). Hetherington & Dooley haben die Neurotoxizität bei intrathekaler Applikation untersucht (Hetherington and Dooley, 2000).

Tabelle 1: Partikelgröße (Derby et al., 2008) der zwei in Deutschland gängigsten Kortisonpräparate mit einer Auswahl von Handelsnamen und Angaben zu Zusatzstoffen.

| Handelsnamen® | Zusatzstoffe | Partikelgröße (Rote Blutkörperchen: 7,5 µm) |
|---|--|--|
| Triamcinolonacetonid | | |
| TriamHEXAL | Benzyl-Alkohol Macrogel 4000 Natriumchlorid Natriumhydrogenphosphat dihydrat Natriumhydrogencarbonat Polysorbat 80 Wasser | 0,5–100 µm dicht gepackt ausgiebige Aggregation |
| Triam Injekt | Benzyl-Alkohol Polysorbat 80 Natriumchlorid Wasser | |
| Triam Lichtenstein | Benzyl-Alkohol Natriumchlorid Natriumhydrogencarbonat Natriumhydrogenphosphat dihydrat Polysorbat 80 Macrogel 4000 Wasser | |
| Volon A Kristallsuspension Volon A kohlpharma Volon A Emra Volin A Eurim | Benzyl-Alkohol Carmellose natrium Polysorbat 80 Natriumchlorid Wasser | |
| Dexamethason 21-dihydrogenphosphat | | |
| Dexa inject JENAPHARM Dexamethason acis Dexabene Dexamethason acis | Natriumedetat Propylenglycol Natriumchlorid Natriumhydroxid Wasser | 0,5 µm keine Aggregation wässrige Lösung Kristallbildung beim Mischen mit Ropivacain |
| Dexa-ratiopharm Dexa-CT Dexamethason AbZ | Natriumedetat Natriumchlorid Natriumhydroxid Wasser | |
| Dexaflam Injekt | Natriumedetat Natriumchlorid Salzsäure 10 % Wasser | |
| DexaHEXAL Dexamethason-hameln | Natriumedetat Natriumhydroxid Propylenglycol Wasser | |

| | | |
|----------------------|---|--|
| Dexamethason Kalceks | Creatinin Natriumcitrat-2-Wasser Natriumedetat Natriumhydroxid Wasser | |
|----------------------|---|--|

Volumen

Ein Review hat untersucht, ob es einen Zusammenhang zwischen dem verwendeten Injektionsvolumen und dem Erfolg gibt (Rabinovitch et al., 2009). Die drei unterschiedlichen Zugangswege wurden eingeschlossen, aber nicht getrennt ausgewertet. Es fand sich eine positive Korrelation zwischen Volumen und Schmerzreduktion. Eine randomisierte Studie hat ausschließlich interlaminäre Injektionen untersucht mit jeweils der gleichen Menge Kortison und Lokalanästhesie aber unterschiedlichen Mengen an Kochsalz, so dass 4, 6 oder 8 ml injiziert wurden (Makkar, 2018). Es fand sich kein signifikanter Unterschied in den drei Gruppen. In den randomisierten Studien, die in Kapitel 4 und Kapitel 5 ausgewertet wurden, werden Volumina zwischen 1 und 20 ml bei interlaminärem Zugang und bis 50 ml bei kaudalem Zugang verwendet.

Die Details zu den vergleichenden Studien mit kristallinem Kortison versus Dexamethason sowie zu unterschiedlichen Dosierungen finden sich im Dokument „Evidenztabellen“.

Existierende Leitlinien

Die „Safety Practices“ der International Spine and Pain Intervention Society (IPIS, 2021) und das technische Manual (Maus et al., 2024) empfehlen, keine Mischung von Ropivacain und Dexamethason für epidurale Injektionen zu verwenden. Im technischen Manual der IPIS wird zudem empfohlen, Kortisonpräparate ohne Konservierungsstoffe zu verwenden. Für zervikale transforaminale Injektionen wird ausschließlich Dexamethason empfohlen (4–10 mg). Bei lumbalen transforaminalen Injektionen sollte ein nicht-kristallines Kortison die erste Wahl sein. Für interlaminäre Injektionen gibt es keine Empfehlungen für ein bestimmtes Kortisonpräparat. Kortisoninjektionen epidural werden klar als off-label deklariert.

Die „Safeguards“, ein Konsensus-Papier von 13 Fachgesellschaften, von der U.S. Food and Drug Administration initiiert, empfiehlt einstimmig ausschließlich nicht-kristalline Kortisonpräparate für therapeutische zervikale transforaminale Injektionen zu verwenden (Rathmell et al., 2015). An der Lendenwirbelsäule kommt als zweite Wahl auch ein kristallines Kortison in Frage. Die Benelux-Workgroup des World Institute of Pain (WIP) hat Empfehlungen für epidurale Injektionen herausgegeben (Van Boxem et al., 2019). Cranial der Nervenwurzel L3 und insbesondere zervikal wird Dexamethason empfohlen. Für die Level ab der Nervenwurzel L3 kaudal und für interlaminäre Injektionen sind auch kristalline Kortisonpräparate möglich.

Die S2k Leitlinie zur konservativen, operativen und rehabilitativen Versorgung bei Bandscheibenvorfällen mit radikulärer Symptomatik (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, 2020) empfiehlt den Einsatz wasserlöslicher Kortisonpräparate und deklariert die Anwendung an die Nervenwurzel und in den Epiduralraum als off-label.

Empfehlungen und Statements

Da es beim Mischen von Ropivacain und Dexamethason zu erheblichen Komplikationen kommen kann, wurde hier eine starke Empfehlung gegeben. Die Evidenz in der Literatur reicht nicht aus, eine Aussage zu treffen, ob Kortison verwendet werden sollte und in welcher Dosierung. Bezüglich der Sicherheitsaspekte bei der Auswahl des Kortisonpräparates (kristallin, wasserlöslich) wurde insbesondere für die HWS eine starke Empfehlung gegeben. Es gibt keine Literatur, die widerlegt, dass epidurale Kortison-Applikationen off-label sind.

| 9.1 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|--|--------------|
| Empfehlungsgrad: A ↓↓ | Eine Mischung aus Ropivacain mit Dexamethason soll nicht für eine epidurale Injektion verwendet werden, da sich Kristalle bilden, die bei intraarterieller Injektion zu Embolien führen können. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Hwang et al., 2016; Kim et al., 2022; Watkins et al., 2015) | |
| | Konsensstärke: Konsens (90,9 %, 10/11, 1 Enthaltung) | |

| 9.2 | Statement | Stand (2025) |
|---|--|--------------|
| | Eine Empfehlung dafür, ob Kortison bei einer epiduralen Injektion die Wirksamkeit verbessert und in welcher Dosierung es verwendet wird, kann nicht gegeben werden. | |
| Qualität der Evidenz: hoch ⊕⊕⊕⊕ | (Ahadian et al., 2011; Fang et al., 2022; Kang et al., 2011; Knezevic et al., 2021; Lee, 2018b; Manchikanti et al., 2020; Meng et al., 2015; Mesregah et al., 2020; Park et al., 2022; Shanthanna et al., 2020; Zhao et al., 2020) | |
| | Konsensstärke: Konsens (90,9 %, 10/11, 1 Enthaltung) | |

| 9.3 | Empfehlung | Stand (2025) |
|---|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: A ↑↑ | Für eine transforaminale Injektion an der Halswirbelsäule soll ausschließlich nicht-kristallines Kortison (z. B. Dexamethason) verwendet werden. | |
| Qualität der Evidenz: hoch ⊕⊕⊕⊕ | (El-Yahouchi et al., 2013; Feeley et al., 2017; Kim et al., 2024; Makkar, 2016; Mehta et al., 2017) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

| 9.4 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: B ↑ | Für eine transforaminale Injektion an der Lendenwirbelsäule sollte ein nicht-kristallines Kortison (z. B. Dexamethason) die erste Wahl sein. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Maus et al., 2024; Rathmell et al., 2015; Van Boxem et al., 2014) | |
| | Konsensstärke: Konsens (90,9 %, 10/11, 1 Enthaltung) | |

| 9.5 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|--|--------------|
| Empfehlungsgrad: B ↑ | Für die epidurale Anwendung sollten Kortisonpräparate ohne Konservierungsstoffe (wie z. B. Benzylalkohol) bevorzugt werden. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Dermapharm, 2022; Maus et al., 2024) | |
| | Konsensstärke: Konsens (81,89 %, 9/11, 2 Enthaltungen) | |

| 9.6 | Statement | Stand (2025) |
|-----|-----------|--------------|
|-----|-----------|--------------|

| | |
|--|--|
| | Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung der Leitlinie sind Kortisonpräparate nicht für eine epidurale Anwendung (interlaminär, transforaminal, periradikulär, PRT) zugelassen. Die Anwendung ist somit off-label. |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Dermapharm, 2022; Dietrich et al., 2015; Kassenärztliche Bundesvereinigung, 2014; U.S. Food and Drug Administration, 2014) |
| | Konsensstärke: Konsens (90,9 %, 10/11, 1 Enthaltung) |

6.4. Frage 10: Müssen Antikoagulantien und Thrombozytenaggregationshemmer vor einer epiduralen Injektion abgesetzt werden?

Ein epidurales Hämatom kann zur Kompression von Rückenmark oder der Kaudafasern führen und somit eine Paraparese oder Querschnittssymptomatik verursachen. Daher ist es wichtig, das Risiko eines epiduralen Hämatoms möglichst klein zu halten. Bei Patienten, die Thrombozytenaggregationshemmer oder Antikoagulantien einnehmen, muss vor einer epiduralen Injektion überlegt werden, ob es sinnvoll ist, diese Medikamente abzusetzen. Es muss entschieden werden, ob das Risiko eines Hämatoms bei kontinuierlicher Einnahme der Medikamente oder das Risiko thromboembolischer Erkrankungen bei Absetzen größer ist. Dabei ist zu berücksichtigen, weshalb (wegen welcher internistischen Grunderkrankung) Thrombozytenaggregationshemmer oder Antikoagulantien eingenommen werden, um welches Medikament es sich handelt, welcher Zugangsweg geplant ist (interlaminär, kaudal, transforaminal) und was für eine Nadel (Dicke, Schliff, Katheter) verwendet werden soll.

Generell kann ein Hämatom in jeder Struktur entlang der Nadel-Trajektorie auftreten (subkutan, intramuskulär, paraspinal, epidural, subdural, intramedullär). Demnach hängt das Risiko einer Blutungskomplikation von der Art des Eingriffs und dem Zugangsweg ab. Die gemeinsame Guideline der American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine (ASRA), der European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy, der American Academy of Pain Medicine, der International Neuromodulation Society, der North American Neuromodulation Society und des World Institute of Pain haben die unterschiedlichen Eingriffe in drei Kategorien mit geringem, mittlerem oder hohem Blutungsrisiko eingeteilt (Narouze et al., 2018, 2015). Sowohl interlaminäre als auch kaudale und transforaminale epidurale Injektionen wurden als mittleres Risiko eingestuft (Tabelle 2). Die Guidelines der American Society of Interventional Pain Physicians (ASIPP) veröffentlichten eine andere Einteilung (Kaye et al., 2019b). Kaudale Injektionen werden als niedriges Risiko eingestuft, lumbale transforaminale Injektionen kaudal der Nervenwurzel L3 als mittleres Risiko und interlaminären Injektionen (eine Ausnahme wird bei Lw5/Sw1 gemacht), zervikale transforaminale Injektionen und lumbale transforaminale Injektionen ab Nervenwurzel L3 in

craniale Richtung als hohes Risiko (Tabelle 2). Die zwei Jahre später erschienene Leitlinie der gleichen Fachgesellschaft (ASIPP) zu epiduralen Injektionen hat die Empfehlungen etwas verändert (Manchikanti et al., 2021b). Die aktuellste Einteilung findet sich im technischen Manual der International Spine and Pain Intervention Society (IPIS) (Maus et al., 2024). Ein mittleres bis hohes Risiko besteht bei zervikalen und lumbalen interlaminären und bei kaudalen Injektionen. Ein mittleres bis geringes Risiko bei zervikalen transforaminalen Injektionen und ein niedriges Risiko bei lumbalen transforaminalen Injektionen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Unterschiedliche Einteilung der epiduralen Injektionen in Risikogruppen verschiedener Fachgesellschaften

| | gering | mittel mittel bis gering | hoch mittel bis hoch |
|--------------------------------------|--|--|---|
| ASRA (Narouze et al., 2018) | | <ul style="list-style-type: none"> • transforaminal • interlaminär • kaudale | |
| ASIPP (Kaye et al., 2019b) | <ul style="list-style-type: none"> • kaudale | <ul style="list-style-type: none"> • lumbal transforaminal L4, L5, S1 • kaudale • lumbal interlaminär Lw5/Sw1 | <ul style="list-style-type: none"> • zervikal transforaminal • lumbal transforaminale ab L3 cranial • interlaminär zervikal • interlaminär lumbal cranial von Lw5/Sw1 |
| ASIPP (Manchikanti et al., 2021b) | <ul style="list-style-type: none"> • kaudale | <ul style="list-style-type: none"> • lumbal transforaminal L4, L5, S1 • kaudale | <ul style="list-style-type: none"> • zervikal transforaminal • lumbal transforaminale ab L3 cranial • interlaminär zervikal • interlaminär lumbal |
| IPIS (Maus et al., 2024) | <ul style="list-style-type: none"> • lumbosakral transforaminal | <ul style="list-style-type: none"> • zervikal transforaminal | <ul style="list-style-type: none"> • interlaminär • kaudale |

Das Risiko eines epiduralen Hämatoms ist auf Grund der Nähe der Nadel zu den epidural gelegenen Venenplexus besonders hoch (Amen and Zhao, 2024; Meijenhof, 1982). Epidurale Hämatome nach zervikalen interlaminären Injektionen sind auch bei Patienten nach Absetzen von Thrombozytenaggregationshemmern bzw. Antikoagulantien beschrieben (Benyamin et al., 2016; Reitman and Watters, 2002; Smith et al., 2018).

Das Risiko eines Hämatoms bei Fortsetzen der Medikation muss mit dem Risiko thromboembolischer Komplikationen bei Absetzen der Medikamente verglichen werden. Collet et al. haben gezeigt, dass das Absetzen von Aspirin bei Patienten mit einer stabilen koronaren Herzkrankheit zu einem substantiellen Herzinfarkt-Risiko führt (Collet et al., 2000). Aktuelle Studien an Patienten, bei denen eine interventionelle Schmerztherapie durchgeführt wurde, haben gezeigt, dass das Risiko thromboembolischer Komplikationen nach Absetzen von Thrombozytenaggregationshemmer und Antikoagulantien größer sein kann als das Hämatomrisiko (Endres et al., 2020, 2017).

Evidenz von Studien

Endres et al. haben in einer großen prospektiven Beobachtungsstudie die Patienten einer einzelnen Praxis untersucht, in der ein Arzt Thrombozytenaggregationshemmer und Antikoagulantien vor Schmerzinterventionen abgesetzt hat (2.296 Interventionen), der andere Arzt hat die Medikamente nicht abgesetzt (4.766 Interventionen) (Endres et al., 2017). Unterschiedliche Arten von Medikamenten waren vertreten sowie auch unterschiedliche Eingriffe, darunter 756 versus 1.633 transforaminale Injektionen und 252 versus 42 interlaminäre Eingriffe. In der Gruppe mit Fortführen der Medikamente wurde in den ersten 14 Tagen nach der Intervention kein Hämatom beobachtet. In der Gruppe nach Absetzen der Medikamente kam es insgesamt zu neun schweren thromboembolischen Komplikationen, davon 2 Todesfälle meist nach 2–5 Tagen. In einem Update der Studie mit nun insgesamt 12.723 Injektionen (weiterhin kein Hämatom nach Absetzen der Medikation) konnten die Autoren nun Risiken berechnen (Endres et al., 2020). Die beobachtete Null-Prävalenz eines epiduralen Hämatoms bei der Durchführung transforaminaler Injektionen hat ein 95%-Konfidenzintervall von 0,0–0,3 % bei fortgesetzter Behandlung mit Vitamin-K-Antagonisten und 0,0 %–0,4 % bei fortgesetzter Clopidogrel-Behandlung. Die Prävalenz der thromboembolischen Komplikationen betrug 0,48 % (0,2–0,9 %). Die Risikorate bei Absetzen von Vitamin-K-Antagonisten beträgt 0,2 %– 0,9 % bei transforaminalen Injektionen oder Facetteninjektionen und ist somit signifikant höher als die Risikorate bei Weiterbehandlung mit Vitamin-K-Antagonisten (0,0 %–0,3 %).

In einer prospektiven Beobachtungsstudie haben Goodman et al. 4.253 Injektionen untersucht, von denen 197 (4,6 %) bei Patienten ohne Absetzen der Thrombozytenaggregationshemmer oder Antikoagulantien durchgeführt wurden (Goodman et al., 2017). Es wurde ein epidurales Hämatom bei einer der 2.026 interlaminären Injektionen beobachtet bei einem Patienten ohne Einnahme von Thrombozytenaggregationshemmer oder Antikoagulantien (0,05 %, 0,00–0,31 %). Es gab keine Blutungskomplikationen bei transforaminalen Injektionen.

Ehsanian et al. haben retrospektiv Patienten ausgewertet (Ehsanian et al., 2020), bei denen u. a. zervikale, lumbale und sakrale transforaminale Injektionen durchgeführt wurden, aber keine interlaminären Eingriffe. Es wurden mit und ohne Medikation keine Blutungskomplikationen beobachtet. Furman et al. haben ausschließlich zervikale und thorakale interlaminäre Injektionen retrospektiv ausgewertet (Furman et al., 2023). 351 Patienten haben Thrombozytenaggregationshemmer oder Antikoagulantien abgesetzt und 240 haben die Medikation weiter genommen. Es fanden sich keine relevanten Blutungskomplikationen.

In einem Review haben Smith et al. 14 Studien nach GRADE ausgewertet (Smith et al., 2018). Die Evidenz aller Studien wurde mit moderat bewertet. Es wurden keine Blutungskomplikationen bei transforaminalen Injektionen gefunden. Allerdings wurden in den ausgewerteten Studien mehrere epidurale Hämatome nach interlaminären Injektionen beschrieben bei Patienten mit und ohne Einnahme von Thrombozytenaggregationshemmern oder Antikoagulantien. Die Schlussfolgerung von Smith et al lautet, dass außer bei

interlaminaren Verfahren keine Evidenz besteht, dass vor bildgesteuerten Wirbelsäuleninterventionen die Einnahme von Antikoagulanzen und Thrombozytenaggregationshemmern pausiert werden muss. Gleichzeitig zeigen die Erkenntnisse, dass das Absetzen von Antikoagulanzen schwerwiegende Risiken birgt.

Existierende Leitlinien

Die gemeinsame Leitlinie der American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine (ASRA), der European Society of Regional Anaesthesia and Pain Therapy, der American Academy of Pain Medicine, der International Neuromodulation Society, der North American Neuromodulation Society und des World Institute of Pain empfehlen, Thrombozytenaggregationshemmer und Antikoagulantien abzusetzen (Narouze et al., 2018, 2015).

In mehreren FactFindern der IPSIS wird empfohlen, dass bei einer lumbalen transforaminalen Injektion eine Einzelfallentscheidung getroffen werden soll, bei den meisten Patienten aber das Risiko, Thrombozytenaggregationshemmer abzusetzen größer sei als das Hämatomrisiko (Miller et al., 2018; Smith et al., 2022). Dies wird auch für Antikoagulantien so empfohlen (Schneider et al., 2020). Für interlaminäre Injektionen ist ein größeres Hämatomrisiko anzunehmen, welches wahrscheinlich unter Medikation noch größer ist. Eine generelle Empfehlung wird für interlaminäre Injektionen nicht gegeben (Holder et al., 2024; Smith et al., 2022).

In den Guidelines der American Society of Interventional Pain Physicians (ASIPP) zum Umgang mit Thrombozytenaggregationshemmern und Antikoagulantien wird empfohlen, Aspirin für Eingriffe mit hohem und moderatem Risiko abzusetzen, nicht aber bei niedrigem Risiko (Kaye et al., 2019b). Es wird empfohlen, Antikoagulantien generell abzusetzen unter individueller Berücksichtigung der Risiken. Das Risiko einer thromboembolischen Komplikation sei höher als das Risiko eines epiduralen Hämatoms bei Absetzen von Thrombozytenaggregationshemmern. Die zwei Jahre später erschienene Leitlinie der gleichen Fachgesellschaft (ASIPP) zu epiduralen Injektionen hat die Empfehlungen etwas verändert (Manchikanti et al., 2021b). Bei kaudalen Injektionen kann Aspirin abgesetzt oder weitergegeben werden. Clopidogrel kann abgesetzt werden, Vitamin-K-Antagonisten sollen abgesetzt werden, direkte orale Antikoagulantien können abgesetzt oder weitergegeben werden. Bei lumbalen transforaminalen Injektionen können Aspirin und Clopidogrel abgesetzt oder weitergegeben werden. Vitamin-K-Antagonisten und direkte orale Antikoagulantien sollen abgesetzt werden. Bei interlaminären Injektionen wird empfohlen, alle Thrombozytenaggregationshemmer und Antikoagulantien abzusetzen.

Empfehlungen und Statement

Es gibt eine moderate Evidenz aus großen Beobachtungsstudien bezüglich eines Blutungsrisikos im Vergleich zu einem thromboembolischen Risiko. Allerdings finden sich in

den vorhandenen Leitlinien widersprüchliche Einteilungen der einzelnen Eingriffe in Risikogruppen und auch widersprüchliche Empfehlungen.

| 10.1 | Statement | Stand (2025) |
|--|--|--------------|
| | Bei interlaminären Injektionen besteht ein nicht zu vernachlässigendes Risiko eines epiduralen Hämatoms. | |
| Qualität der Evidenz: moderat ⊕⊕⊕○ | (Smith et al., 2018) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

| 10.2 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: A ↑↑ | Bei einer epiduralen Injektion soll eine individuelle Risiko/Nutzen Abwägung für jeden einzelnen Patienten bezüglich Fortführens oder Absetzens der Antikoagulantien oder Thrombozytenaggregationshemmer getroffen werden. | |
| Qualität der Evidenz: moderat ⊕⊕⊕○ | (Manchikanti et al., 2021b; Maus et al., 2024; Narouze et al., 2018) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

7. Komplikationen

7.1. Frage 11: Sind epidurale Injektionen sicher? Was sind typische Komplikationen?

Schwerwiegende Komplikationen nach interventionellen Schmerz-Interventionen an der Wirbelsäule sind selten (Carr et al., 2016). Allerdings existieren eine Reihe von Fallberichten über Rückenmarksverletzungen, epidurale Hämatome, Schlaganfälle bis hin zum Tod nach epiduralen Injektionen (Baker et al., 2003; Beckworth et al., 2013; Benny et al., 2010; Brouwers et al., 2001; Chang, 2018; Epstein, 2018; Karasek and Bogduk, 2004; Moon and Kwon, 2017; Popescu et al., 2013; Rozin et al., 2003; B. J. Schneider et al., 2018; Suresh et al., 2007).

Generell können Komplikationen in jedem Wirbelsäulenabschnitt und bei jedem Zugang auftreten. Daten zu abgeschlossenen Versicherungsfällen in Amerika zeigen aber, dass Injektionen an der Halswirbelsäule am häufigsten zu Schadensfällen führen (Pollak et al., 2015), was daran liegt, dass das Rückenmark, die Arteria vertebralis und andere Arterien, der Subarachnoidalraum und der epidurale Venenplexus in direkter Nähe zu den Zielstrukturen liegen (Maus, 2024; Rathmell et al., 2004). Verstärkte Schmerzen waren der häufigste Grund für medizinrechtliche Ansprüche, gefolgt von Rückenmarksverletzungen, epiduralen Hämatomen und Infektionen (Abrecht et al., 2019).

Eworuke et al. haben die Daten von 1.355.957 epiduralen Injektionen bei Patienten, die in der staatlichen amerikanischen Versicherung Medicare versichert waren, in Bezug auf schwere spinale Komplikationen ausgewertet (Eworuke et al., 2021). Die Rate wahrscheinlicher schwerwiegender Komplikationen betrug 8,1/1.000.000 (0,00081 %). Das Risiko war an der HWS höher (29,4/1.000.000) als an der LWS (5,1/1.000.000).

Evidenz von Studien

Viele schwere Komplikationen sind Einzelfälle und wurden demnach auch in Form von Case Reports berichtet. Es existieren jedoch auch retrospektive Studien zur Häufigkeit von Komplikationen.

Komplikationsrate

Eine Studie hat die Komplikationsrate sofort und bis zu 72 Stunden nach einer transforaminalen Intervention an der LWS untersucht (Plastaras et al., 2015). Es wurden 1.295 Patienten mit 2.025 Injektionen eingeschlossen. Unmittelbare Komplikationen gab es in 9,2 % der Patienten, am häufigsten waren vasovagale Reaktionen (4,2 %). In den kommenden drei Tagen traten bei 20 % der Patienten vorübergehende Beschwerden auf (Schmerzzunahme, Wundschmerz, Kopfschmerz, Kortisonwirkung). Permanente Schäden wurden nicht beobachtet.

An der HWS haben Schreiber et al. Patienten, die mit einer Rückenmarksschädigung aufgenommen wurden, nach ursächlichen zervikalen epiduralen Injektionen untersucht (Schreiber et al., 2016). Bei sieben der 1.343 Patienten (0,5 %) war eine Injektion ursächlich für einen Infarkt, ein direktes Trauma, einen Abszess oder ein epidurales Hämatom. Beckworth et al. fanden bei 6.241 zervikalen transforaminalen Injektionen, die ausschließlich mit Dexamethason durchgeführt wurden, keine schwerwiegenden Komplikationen (Beckworth et al., 2024). Bei 200 konsekutiven Patienten kam es zu vermehrten Schmerzen (3,5 %), zu Kopfschmerzen (1 %), zu Schlafstörungen (0,5 %), zu einem Blutzuckeranstieg über 500 mg/dl (0,5 %), zu einer vorübergehenden Taubheit (0,5 %) oder zu einem Bluthochdruck (0,5 %).

Mehrere große Beobachtungsstudien haben Injektionen an der HWS und LWS berücksichtigt. 1.857 Patienten mit 4.265 Injektionen (transforaminal, interlaminär und kaudal) wurden von McGrath ausgewertet (McGrath et al., 2011). Es gab keine schwerwiegenden Komplikationen aber bei 2,4 % leichte Komplikationen (Schmerzzunahme, Wundschmerz, Taubheit). Manchikanti et al. haben 10.216 Injektionen bei 8.652 Patienten ausgewertet (auch thorakal, auch Adhaesiolyse) ohne dass sich schwerwiegenden Komplikationen fanden (Manchikanti, 2012e).

Carr et al. haben 26.061 konsekutive Injektionen ausgewertet (epidural aber auch Medial Branch Block, Radiofrequenz und ISG-Block) (Carr et al., 2016). Eine Subgruppen-Analyse bei der nur die 16.638 epiduralen Injektionen berücksichtigt wurden, wurde von El-Yahouchi et al. veröffentlicht (El-Yahouchi et al., 2016). Die Injektionen wurden nach aktuellen Guidelines durchgeführt. Es wurden keine schwerwiegenden Komplikationen beobachtet. Die häufigste Komplikation war eine Reaktion auf Kortison (2,6 %), zunehmender Schmerz (2,1 %), eine vasovagale Reaktion (1,2 %) und eine Durapunktion (0,06 %).

Mehrere Reviews haben die Fallberichte und ältere Studien zusammengefasst (Abbasi et al., 2007; Benny et al., 2010; Chang and Wang, 2020; Engel et al., 2014; Epstein, 2018; Lee and Moon, 2021; B. J. Schneider et al., 2018).

Unmittelbare Komplikationen während der Intervention

Vasovagale Reaktionen gehören zu den häufigsten Komplikationen, die unmittelbar während der Intervention auftreten. Die Inzidenz reicht von 0,2–5 % (Carr et al., 2016; El-Yahouchi et al., 2016; Kennedy et al., 2013; Plataras et al., 2015). Schmerzen ≤ 5 auf der visuellen Analogskala, männliche Patienten und ein Alter unter 65 Jahre sind positive Prädiktoren. Vasovagale Reaktionen sind häufiger bei lumbalen transforaminalen Injektionen als bei zervikalen transforaminalen Injektionen. Bei 30 % der Patienten mit einer vasovagalen Synkope musste die Intervention frühzeitig abgebrochen werden (Kennedy et al., 2013). Es kommt häufig zu Benommenheit, Hitzegefühl, Schwitzen, Übelkeit, Visusstörungen begleitet von Hypotonie und niedrigem Blutdruck. Bewusstlosigkeit und Krampfanfälle sind möglich. Meist sind die Symptome selbstlimitierend (Sheldon et al., 2015). Tritt eine vasovagale

Synkope während einer Intervention auf, kann es sinnvoll sein, die Intervention abubrechen (Maus et al., 2024).

Eine unbeabsichtigte Punktion der Dura kann zu Liquorverlust und Kopfschmerzen führen (Spaccarelli, 1996). Eine versehentliche intrathekale Injektion von Lokalanästhesie kann zu einer Nervenblockade führen, häufiger sensorisch, aber auch motorisch (Ajar et al., 2002; Singh and Sharma, 2002). Eine Kreislaufinstabilität und eine respiratorische Insuffizienz können die Folge sein (Collier, 2004). Der Effekt sollte nach Abklingen der Wirkung des Lokalanästhetikums reversibel sein. Eine Kreislaufstabilisierung und Beatmung können notwendig sein.

Vermehrte Schmerzen während einer Injektion können ein Warnsignal für eine Nervenverletzung durch die Nadel sein (peripherer Nerv, Nervenwurzel, Rückenmark). Die Intervention sollte unterbrochen werden und die Nadelposition in mehreren Ebenen in der Bildgebung beurteilt werden. Bei Verdacht auf eine Nervenverletzung ist die Intervention abubrechen, es sollten keine Medikamente verabreicht werden. Eine anschließende ausgiebige neurologische Untersuchung des Patienten ist wichtig.

Schon geringe Mengen Lokalanästhesie, die z. B. bei einer zervikalen transforaminalen Intervention unbeabsichtigt intraarteriell injiziert wird, kann Krampfanfälle auslösen (Chung, 2011; Kozody et al., 1982; Smuck et al., 2010).

Die intraarterielle Injektion von kristallinem Kortison kann, wie bereits bei Frage 9 diskutiert, zu einem arteriellen Verschluss und somit zu einem Infarkt führen (Laemmel et al., 2016). Im Rahmen einer zervikalen transforaminalen Injektion kann eine Arteria radicularis betroffen sein, was zu einem Rückenmarksinfarkt führt. Bei einer unbeabsichtigten Injektion in die Arteria vertebralis kann es zu einem Infarkt im posterioren zerebralen Versorgungsgebiet kommen.

Komplikationen nach der Intervention

Der zeitliche Verlauf von Komplikationen kann sehr unterschiedlich sein. Daher ist es wichtig, auch einen zunächst unauffälligen Patienten nach der Intervention zu überwachen und auch über mögliche späte Komplikationen (wie z. B. eine Infektion) zu unterrichten. Eine Rückmeldung des Patienten innerhalb der ersten zwei Wochen (persönlich, schriftlich oder telefonisch) wird empfohlen (Patel et al., 2019; Schneider et al., 2024). Kommt es zu Komplikationen, müssen diese selbstverständlich abgeklärt und behandelt werden. Für die Dauer der Überwachung bei unauffälligem Verlauf nach der Intervention gibt es keine Evidenz. Die EBM-Abrechnungsziffer 34503 beinhaltet 30 Minuten Überwachung. Auch bei ausreichend langer Überwachung können Spätkomplikationen nicht immer erkannt werden.

Allergische Reaktionen durch Lokalanästhetika (Amide) sind eher selten und werden meist durch Zusatzstoffe (Trägermoleküle) verursacht (Batinac et al., 2013; Berkun et al., 2003; Maus et al., 2024; Ring et al., 2010; Speca et al., 2010). Allergien gegen Kontrastmittel machen sich meist innerhalb der ersten Stunde nach der Injektion bemerkbar. Häufig kommt es zu

einer Urtikaria (88,7 %). Übelkeit (15,3 %) und respiratorische Probleme (12,2 %) sind möglich (Morales-Cabeza et al., 2017). Anaphylaktische Reaktionen auch mit Todesfolge, wurden beschrieben (Cochran, 2005).

Das Risiko eines epiduralen Hämatoms wurde bereits bei Frage 10 diskutiert. Die genaue Inzidenz im Rahmen von Schmerzinterventionen ist nicht bekannt, da Hämatome nur in Fallberichten veröffentlicht wurden. Das Risiko eines epiduralen Hämatoms besteht vor allem bei einem interlaminären Zugang auf Grund der epiduralen Venen in dem schmalen Epiduralraum. Typischerweise kommt es bei einem epiduralen Hämatom zu zunehmenden Schmerzen ggf. mit radikulärer Ausprägung und möglicherweise zu neurologischen Defiziten. Meistens entwickeln sich die Symptome in den ersten 24 Stunden, ein Zeitrahmen von Minuten bis Tagen ist aber beschrieben (Al-Mutair and Bednar, 2010).

Infektionen nach einer epiduralen Injektion sind ausgesprochen selten. In einer Literatursuche fanden sich 14 Fälle eines epiduralen Abszesses oder einer Meningitis. Acht dieser 14 Patienten waren zum Zeitpunkt der Intervention immunsupprimiert. Bei 67 % der Patienten konnte Staphylokokkus aureus nachgewiesen werden (Hooten et al., 2004).

Die Details zu den Studien über Komplikationsraten finden sich im Dokument „Evidenztabelle“.

Existierende Leitlinien

Es existieren eine Reihe von Empfehlungen, wie die Sicherheit epiduraler Injektionen verbessert werden kann und wie Risiken vermieden werden können. Die „Safeguards“, ein Konsensus-Papier von 13 Fachgesellschaften, von der U.S. Food and Drug Administration initiiert, empfehlen bei allen epiduralen Injektionen zuvor die vorhandene Bildgebung (MRT) auszuwerten. Für die Injektion ist Bildgebung und Kontrastmittel zu verwenden (siehe Frage 7). Zervikale interlaminäre Injektionen sollten nicht weiter cranial als Hw6/7 durchgeführt werden (siehe Frage 8). Kristallines Kortison sollte nicht für zervikale transforaminale Injektionen genutzt werden (siehe Frage 9) (Benzon et al., 2015; Rathmell et al., 2015). Das World Institute of Pain Benelux Work Group empfiehlt bei dem Verdacht auf eine neurologische Komplikation oder bei ungewöhnlich lang anhaltenden Sensibilitätsstörungen ein MRT innerhalb von drei Stunden und bei unauffälligem Befund eine MRT-Kontrolle nach 24 Stunden (Van Boxem et al., 2019).

In den NICE-Guidelines (NICE, 2016) wird beschrieben, dass Komplikationen bei epiduralen Injektionen sehr selten sind. In der S2k Leitlinie zur konservativen, operativen und rehabilitativen Versorgung bei Bandscheibenvorfällen mit radikulärer Symptomatik (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, 2020) werden einige Studien zu Komplikationen bei transforaminalen Injektionen aufgeführt. Es wird Dexamethason für transforaminale zervikale Injektionen empfohlen. In den Guidelines der American Society of Interventional Pain Physicians (ASIPP) werden Studien zu möglichen Komplikationen ausführlich aufgeführt. Im technischen Manual der International Spine and Pain Intervention Society (IPSIS) (Maus et al., 2024) gibt es ein Kapitel über den Umgang mit Komplikationen,

dessen Empfehlungen in den obigen Text und die Empfehlungen dieses Kapitels eingeflossen sind.

Empfehlungen und Statement

In den vorherigen Kapiteln zu den Fragen 7–11 sind bereits spezifische Risiken besprochen worden und es wurden Empfehlungen zur Verwendung von Bildgebung und Kontrastmittel, zur technischen Durchführung, zu Kortison und zu Antikoagulantien und Thrombozytenaggregationshemmern genannt. Es wurden starke Empfehlungen für die sicherheitsrelevanten Aspekte gegeben.

| 11.1 | Statement | Stand (2025) |
|--|---|--------------|
| | Komplikationen nach epiduralen Interventionen sind insgesamt sehr selten, es sind aber sehr schwere Komplikationen in Fallberichten in der Literatur beschrieben. | |
| Qualität der Evidenz: moderat ⊕⊕⊕○ | (Carr et al., 2016) | |
| | Konsensstärke: Konsens (90,9 %, 10/11, 1 Enthaltung) | |

| 11.2 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: A ↑↑ | Die vorhandene Bildgebung (insbesondere MRT) soll vor einer epiduralen Injektion bezüglich anatomischer Besonderheiten (z. B. Verlauf der Arteria vertebralis) ausgewertet werden. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Rathmell et al., 2015; Van Boxem et al., 2019) | |
| | Konsensstärke: Konsens (90,9 %, 10/11, 1 Enthaltung) | |

| 11.3 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|--|--------------|
| Empfehlungsgrad: A ↑↑ | Nach einer Intervention soll der Patient neurologisch untersucht und überwacht werden, um frühe Komplikationen zu erkennen. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Patel et al., 2019) | |

| | |
|--|--|
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) |
|--|--|

| 11.4 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|--|--------------|
| Empfehlungsgrad: B ↑ | Es sollte eine Rückmeldung des Patienten (persönlich, schriftlich, telefonisch) innerhalb der ersten 14 Tage nach der Intervention erfolgen, um späte Komplikationen zu erkennen. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Patel et al., 2019) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

8. Vergleich der Zugangswege

8.1. Frage 12: Gibt es unterschiedliche Indikationen und Evidenzen für eine interlaminäre, kaudale oder transforaminale Injektion?

Unterschiedliche Zugänge kommen in Betracht für eine epidurale Injektion. An der HWS transforaminal und interlaminär, an der LWS zusätzlich noch der kaudale Zugang. Nachdem vermehrt schwere Komplikationen veröffentlicht wurden, gab es 2014 eine Warnung der FDA vor epiduralen Injektionen mit Kortison (Beckworth et al., 2024). Da vor allem transforaminale Injektionen mit kristallinem Kortison an der HWS zu den Komplikationen geführt hatten, wurden seitdem an der HWS interlaminäre Injektionen favorisiert. Seit der Empfehlung, für transforaminale Injektionen an der HWS ausschließlich wasserlösliches Dexamethason zu verwenden, wird das Risiko transforaminaler zervikaler Injektionen in der Literatur wieder relativiert und mit dem Risiko eines epiduralen Hämatoms einer interlaminären Injektion verglichen (Narouze, 2024). Eine Gegenüberstellung der beiden Zugangswege ist somit relevant. Für die LWS gilt es, die drei möglichen Zugangswege miteinander zu vergleichen.

Evidenz von Studien

HWS

Eine randomisierte Studie an Patienten mit radikulären Schmerzen nutze einen modifizierten Zugang interlaminär mit einer Nadelführung, die im Spinalkanal die Mittellinie kreuzt (Choi et al., 2015). Es zeigte sich eine bessere Kontrastmittelanreicherung im ventralen Epiduralraum verglichen mit einer transforaminalen Injektion. Die klinischen Ergebnisse waren nach drei Monaten nicht signifikant unterschiedlich. Eine zweite randomisierte Studie konnte nach einem Monat eine bessere Schmerzreduktion bei transforaminalen Injektionen aufweisen, nicht aber nach drei Monaten (Sim et al., 2021). Der Neck Disability Index war nicht signifikant unterschiedlich.

Vier retrospektive, nicht randomisierte Studien haben die Ergebnisse transforaminaler versus interlaminärer Zugänge an der HWS untersucht. Lee et al. haben Patienten mit Nackenschmerzen (ohne radikuläre Symptomatik) eingeschlossen (Lee and Lee, 2016). Es gab keine signifikanten Unterschiede. Park et al. haben Ultraschall für eine Nervenblockade und Durchleuchtung für den interlaminären Zugang gewählt und nach drei und sechs Monaten keinen signifikanten Unterschied festgestellt (Park et al., 2019). Jang et al. haben Ultraschall für eine Nervenblockade, Durchleuchtung für eine transforaminale Injektion oder Durchleuchtung für eine interlaminäre Injektion verglichen, ohne dass sich signifikante Unterschiede der drei Gruppen fanden (Jang et al., 2020). Levin et al. haben alle Patienten mit transforaminalen oder interlaminären Injektionen, bei denen Ergebnisse nach zwei Monaten vorlagen, ausgewertet (Levin et al., 2022). Bei 50 % Schmerzreduktion als Erfolgskriterium

fand sich kein signifikanter Unterschied, bei 80 % Schmerzreduktion als Kriterium waren interlaminäre Injektionen signifikant besser.

Mehrere narrative Reviews haben die Literatur ausgewertet (Huston, 2009; Huynh and Smuck, 2015; Lee et al., 2023; Manchikanti et al., 2014b). Zudem gibt es ein systematisches Review mit Metaanalyse und Auswertung nach GRADE, bei dem allerdings auch Studien mit epiduralen Kathetern eingeschlossen wurden (J. H. Lee et al., 2022). Es wurden sechs Studien (davon vier RCTs) ausgewertet. Bei niedriger Qualität der Evidenz fand sich kein signifikanter Unterschied im klinischen Ergebnis.

Zusammenfassend zeigen die randomisierten Studien und die Beobachtungsstudien keinen signifikanten Unterschied beider Zugänge im klinischen Ergebnis.

LWS

Es stehen einige randomisierte Studien mit insgesamt hoher Qualität der Evidenz für den Vergleich der drei verschiedenen Zugänge zur Verfügung. In den allermeisten Studien waren radikuläre Schmerzen ein Einschlusskriterium.

Bei dem Vergleich transforaminale Injektionen versus interlaminäre Injektionen haben Kolsi et al. nach drei Wochen keinen Unterschied beider Zugänge festgestellt (Kolsi et al., 2000). Thomas et al. fanden jedoch bei transforaminalem Zugang signifikant bessere Ergebnisse der Schmerzreduktion nach einem Monat und zusätzlich auch bei der Funktion nach sechs Monaten (Thomas et al., 2003). Ackermann et al. haben alle drei Zugangsmöglichkeiten verglichen (Ackerman and Ahmad, 2007). Nach sechs Monaten fanden sich signifikant mehr schmerzfreie Patienten und erfolgreiche Behandlungen bei transforaminalem Zugang versus interlaminär. Lee et al. haben zwischen Patienten mit Bandscheibenvorfall und Spinalkanalstenose unterschieden (J. H. Lee et al., 2009). In beiden Untergruppen war der transforaminale Zugang nach vier Monaten signifikant besser. Auch bessere Ergebnisse transforaminal fanden sich bei Gharibo et al. nach 16 Tagen (Gharibo et al., 2011). Drei Studien fanden nach 6–12 Monaten keine Unterschiede beider Gruppen (Ghai et al., 2014; Kamble et al., 2016; Rados et al., 2011). Nur nach drei Wochen, nicht aber nach drei Monaten gab es bessere transforaminale Ergebnisse bei Rezende et al. (Rezende et al., 2015). Auch die Verteilung des Kontrastmittels im ventralen Epiduralraum war nicht signifikant unterschiedlich (Kim et al., 2016).

Pandey et al. haben wieder alle drei Zugangsarten untersucht und nach zwölf Monaten eine signifikant bessere Effektivität transforaminal gesehen (Pandey, 2016), ebenso auch bei Maadawy et al. bei allerdings hohem Loss to follow-up (Maadawy et al., 2018). Makkar et al. haben bei interlaminären Injektionen zwischen einem Mittellinienzugang und einem parasagittalen Zugang unterschieden (Makkar et al., 2019). Nach sechs Monaten waren die Ergebnisse der transforaminalen Injektionen signifikant besser als nach Mittellinienzugang, nicht aber im Vergleich zu einem parasagittalen Zugang. Auch in zwei weitere Studien fanden nach bis zu drei Monaten bessere Wirkungen für transforaminale Injektionen (Choi et al., 2021; Kumar et al., 2023).

Jedoch gibt es auch drei Studien, die bessere Ergebnisse bei interlaminärem Zugang gefunden haben. Sencan et al. haben Patienten mit einer Spinalkanalstenose untersucht, die transforaminalen Injektionen wurden bilateral durchgeführt (Sencan et al., 2020). Die Schmerzreduktion und der ODI waren nach drei Monaten bei interlaminärem Zugang signifikant besser. Dindivanam et al. haben eine einzelne transforaminale Injektion mit drei interlaminären Injektionen im Abstand von drei Wochen verglichen, wobei beide Gruppen heterogen waren. (Dindivanam et al., 2023). Die Schmerzintensität vor den Injektionen war in der interlaminären Gruppe signifikant niedriger. Nach bis zu zwölf Monaten waren die interlaminären Ergebnisse besser. Eine weitere Studie zeigte eine kürzere Durchleuchtungszeit und einen besseren Patientenkomfort sowie einen signifikant besseren ODI nach vier Wochen bei der interlaminären Injektion (Genç Perdecioğlu et al., 2023). Die Schmerzreduktion war nicht signifikant unterschiedlich.

Bise et al. haben CT-geführte transforaminale Zugänge mit CT-geführten interlaminären Zugängen verglichen (Bise et al., 2023). Beide Gruppen zeigten signifikant bessere Ergebnisse nach der Injektion, ohne dass sich Unterschiede beider Gruppen zeigten (Loss to follow-up nach 6 Wochen 13,1 %, nach 6 Monaten 32,5 %).

Beim Vergleich transforaminaler Injektionen vs kaudaler Injektionen fanden zwei Studien signifikant bessere Ergebnisse nach sechs und zwölf Monaten für den transforaminalen Zugang (Ackerman and Ahmad, 2007; Pandey, 2016). Bei Kamble et al. war der Unterschied beider Zugänge nicht signifikant unterschiedlich (Kamble et al., 2016) und Singh et al. fanden bessere Ergebnisse für den kaudalen Zugang (Singh et al., 2017). Zwei Studien haben Patienten mit anhaltenden Schmerzen nach Operationen an der LWS untersucht. Bei Celenlioglu et al. war kein signifikanter Unterschied beider Gruppen erkennbar (Celenlioglu et al., 2022). Hashemi et al. haben den kaudalen Zugang mit einem Ultraschall-kontrollierten transforaminalen Zugang ausschließlich zur Nervenwurzel S1 im Sakrum verglichen, wobei Patienten mit einer L4, L5 oder S1 Symptomatik eingeschlossen wurden (Hashemi et al., 2023). Nach einem Monat waren die Ergebnisse des kaudalen Zugangs signifikant besser. Bei Ozturk et al. waren die Unterschiede nicht signifikant (Ozturk et al., 2023).

Studien haben auch interlaminäre Injektionen vs kaudale Injektionen untersucht. Eine korrekte Nadelposition in der Durchleuchtung fand sich häufiger bei interlaminären Injektionen (Price, 2000). McGregor et al. fanden bei Ihren Patienten in keiner Gruppe eine relevante Verbesserung von Schmerz oder Funktion nach sechs Wochen oder sechs Monaten (McGregor et al., 2001). In drei weiteren Studien waren die Ergebnisse nicht signifikant unterschiedlich (Ackerman and Ahmad, 2007; Kamble et al., 2016; Pandey, 2016). Eine aktuelle Studie zeigte bessere Ergebnisse für den interlaminären Zugang (Divya and Adarsh, 2024).

Mehrere aktuelle Reviews haben alle drei epiduralen Zugänge verglichen. Yun et al. haben sieben Studien mit einer Metaanalyse ausgewertet und kamen zu dem Schluss, dass ein parasagittaler interlaminärer Zugang die besten Ergebnisse liefert, aber nicht signifikant besser ist als ein transforaminaler Zugang (Yun et al., 2022). Kwak et al. haben elf Studien in ihre Metaanalyse einbezogen und fanden bei niedrigem Evidenzlevel die besten Ergebnisse

bei einem transforaminalen Zugang (Kwak et al., 2023). In der Metaanalyse von Mahmoud war der parasagittale interlaminäre Zugang besser innerhalb der ersten sechs Monate, der transforaminale Zugang aber langfristig überlegen (Mahmoud et al., 2024).

Zwei Metaanalysen haben transforaminale versus interlaminäre Injektionen untersucht und bessere Ergebnisse für transforaminale Injektionen gefunden (Lee, 2018a; Wei et al., 2016). Ebenso haben zwei Metaanalysen den transforaminalen Zugang mit einem kaudalen Zugang verglichen. Liu et al. fanden keine signifikanten Unterschiede (Liu et al., 2016), Lee et al. ermittelten eine Überlegenheit des transforaminalen Zugangs (Lee et al., 2018).

Zusammenfassend zeigen sich drei randomisierte Studien, die eine Überlegenheit des interlaminären Zugangs versus transforaminal zeigen konnten, aber zehn Studien mit besseren Ergebnissen transforaminal und fünf Studien ohne signifikanten Unterschied. Die Studien, die den transforaminalen Zugang mit dem kaudalen Zugang verglichen haben, sind sehr heterogen, eine klare Evidenz für einen der beiden Zugänge findet sich nicht. Eine aktuelle Studie zeigte bessere Ergebnisse für den interlaminären Zugang im Vergleich zu kaudal (Divya and Adarsh, 2024).

Die Details zu den vergleichenden Studien finden sich im Dokument „Evidenztabelle“.

Existierende Leitlinien

Die NICE-Guidelines (NICE, 2016) erwähnen, dass es rational erscheint, dass transforaminale Injektionen besser sind als die anderen beiden Zugänge. In der Leitlinie der ASPN (Sayed et al., 2022) wird gesagt, dass transforaminale Injektionen spezifischer seien als die anderen Zugänge. Der kaudale Zugang könnte bei einem Zustand nach Operation von Vorteil sein.

Empfehlungen

Trotz der großen Zahl an randomisierten Studien ist es nur bedingt möglich, eine Empfehlung zu einem bestimmten Zugang abzugeben.

| 12.1 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: 0 ↔ | Bei radikulären Beschwerden ausgehend von der HWS kann sowohl ein transforaminaler Zugang als auch ein interlaminärer Zugang in Betracht gezogen werden. | |
| Qualität der Evidenz: moderat ⊕⊕⊕○ | (Choi et al., 2015; Sim et al., 2021) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

| 12.2 | Empfehlung | Stand (2025) |
|---|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: 0 ↔ | Bei radikulären Beschwerden ausgehend von der LWS kann ein transforaminaler Zugang vor einem interlaminären Zugang bevorzugt verwendet werden. | |
| Qualität der Evidenz: hoch ⊕⊕⊕⊕ | (Kwak et al., 2023; Mahmoud et al., 2024; Yun et al., 2022) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

9. Wiederholung

9.1. Frage 13: Wann ist eine Wiederholung einer epiduralen Injektion sinnvoll?

Oftmals stellt sich die Frage, ob es sinnvoll ist, eine epidurale Injektion zu wiederholen. Es muss überlegt werden, ob für eine Wiederholung bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein müssen, also z. B. ein positives Ansprechen auf eine vorangegangenen Injektion, nach welchem Zeitabstand eine erneute Injektion sinnvoll ist und wie viele Injektionen insgesamt (ist eine Injektionsserie sinnvoll?) durchgeführt werden sollten. Auch die kumulative Kortisondosis sollte berücksichtigt werden.

Evidenz von Studien

Murthy et al. haben in einer retrospektiven Studie an 2.087 transforaminalen Injektionen untersucht, ob eine erneute Injektion zu einer Besserung bei nachlassendem Erfolg der ersten Injektion führt und ob ein kumulativer Effekt innerhalb von drei Monaten nach der ersten Injektion erreicht werden kann (Murthy et al., 2014). Es wurde gefolgert, dass eine weitere transforaminale Injektion bei erneutem Auftreten von radikulären Schmerzen eine vergleichbare Wirkung hat wie die vorherige Injektion. Wiederholte transforaminale Injektionen innerhalb von drei Monaten nach der Indexinjektion können einen kumulativen Nutzen bringen. Lee et al. haben 204 Patienten mit einer teilweisen Besserung nach einer transforaminalen Injektion in zwei Gruppen geteilt (Lee, 2016). In der einen Gruppe wurde ein erneute Injektion nach 2–3 Wochen verabreicht, in der anderen gab es erneute Injektionen nur, falls die Schmerzen schlechter wurden. Wiederholte Injektionen führten zu einer besseren und länger anhaltenden Schmerzreduktion. Von 102 Patienten mit lumbalen oder zervikalen radikulären Beschwerden haben auf Grund nicht ausreichender Wirkung 29,8 % der lumbalen Patienten und 15,6 % der zervikalen Patienten eine zweite transforaminale Injektion erhalten (Joswig et al., 2018). Der Abstand betrug durchschnittlich 65 Tage. Die zweite Injektion führte zu einer signifikanten Schmerzreduktion.

Drei Veröffentlichungen berichten, dass eine zumindest teilweise Schmerzreduktion eine Voraussetzung für weitere Injektionen ist (Lee, 2016; Mattie et al., 2019; McLain et al., 2005). McLain et al. empfehlen jedoch nach einer erfolglosen Injektion ggf. einen anderen Zugang zu wählen (McLain et al., 2005). In einem Review wird eine zweite Injektion auch empfohlen, wenn die erste Injektion nicht erfolgreich war (Abram, 1999). Hingegen wird im technischen Manual der International Spine and Pain Intervention Society (IPIS) (Maus et al., 2024) eine Wiederholung nur nach Ansprechen der vorherigen Injektion empfohlen.

Für die Entscheidung, wann eine Wiederholung durchgeführt werden kann, erscheint es sinnvoll, die maximale Wirkung der ersten Injektion abzuwarten. Die Studie von El Yahouchi et al. legt nahe, dass eine Untersuchung nach zwei Wochen besser den Langzeiteffekt vorhersagen kann als eine Beurteilung sofort nach der Injektion (El-Yahouchi et al., 2014). Auch in den Veröffentlichungen von McLain et al. and Lee et al. wird ein Abstand zur zweiten

Injektion von zwei Wochen empfohlen (Lee, 2016; McLain et al., 2005). Auch andere Veröffentlichungen berichten mit 2–3 Wochen (Lee, 2016; Maus et al., 2024), 1–3 Wochen (Abram, 1999) und drei Wochen (Persson and Anderberg, 2013) ähnliche Abstände. Schneider et al. haben 134 konsekutive Patienten alle 72 Stunden nachuntersucht (Schneider et al., 2024). Eine positive oder negative Evaluation am vierten Tag nach der Injektion ist ein guter Prädiktor für den Erfolg nach drei Wochen (positive Likelihood ratio 6,12).

Persson & Anderberg haben in ihrer prospektiven Studie eine Serie von epiduralen Injektionen untersucht (Persson and Anderberg, 2013). Jeder Patient wurde mit drei Injektionen im Abstand von drei Wochen behandelt. Die Reviews von Abram et al., Novak & Nemeth sowie Mattie et al. sprechen sich jedoch gegen eine Serie von Injektionen aus (Abram, 1999; Mattie et al., 2020; Novak and Nemeth, 2008).

Es ist auch sinnvoll, die maximale Kortisondosis in die Überlegung einer Wiederholung einer epiduralen Injektion einzubeziehen. Eine Methylprednisolon-Äquivalentdosis von 80 mg als Einzelgabe oder 200 mg pro Jahr oder 400 mg in drei Jahren kann negative Folgen für die Knochendichte speziell bei postmenopausalen Frauen haben (Al-Shoha et al., 2012; Kang et al., 2012; Kerezoudis et al., 2018; Kim and Hwang, 2014; B. J. Schneider et al., 2019). In einer retrospektiven Studie wurde die jährliche Kortisondosis durch epidurale Injektionen bei 349 Patienten untersucht (Brown-Beresford et al., 2022). Bei 4,7 % der Patienten wurde auf Grund mehrfacher Injektionen die Grenze von 200 mg Methylprednisolon-Äquivalent pro Jahr überschritten, weshalb empfohlen wird, sorgfältig die Indikation und die Gesamtdosis zu überprüfen.

Oftmals werden maximal drei Injektionen bei nur partiellem Ansprechen empfohlen (Abram, 1999; Lee, 2016; McLain et al., 2005). Nach Vydra et al. werden in den Coverage Policy Recommendations der North American Spine Society maximal drei Injektionen innerhalb von sechs Monaten oder maximal sechs Injektionen pro Jahr empfohlen (Vydra et al., 2020).

Existierende Leitlinien

In der S2k Leitlinie zur konservativen, operativen und rehabilitativen Versorgung bei Bandscheibenvorfällen mit radikulärer Symptomatik (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, 2020) heißt es, dass eine Wiederholung einer periradikulären Therapie bei gutem Ansprechen möglich ist. Die ASIPP Leitlinie (Manchikanti et al., 2021b) empfiehlt in der Therapiephase epidurale Injektionen nur nach Bedarf und entsprechend den Kriterien der medizinischen Notwendigkeit zu wiederholen. Es wird empfohlen, diese auf maximal vier pro Jahr zu beschränken. Das technische Manual der International Spine and Pain Intervention Society (IPIS) empfiehlt eine maximale Dosis von 200 mg (3 mg/kg) Methylprednisolon-Äquivalent/Jahr (Maus et al., 2024).

Empfehlungen

Die Qualität der Evidenz ist auf Grund fehlender randomisierter Studien nicht hoch, aber es findet sich in der Literatur und in den Guidelines ein einheitliches Bild zur Wiederholung, zur Häufigkeit und zum Abstand von epiduralen Injektionen.

| 13.1 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: B ↑ | Eine Wiederholung derselben epiduralen Injektion sollte nur bei zuvor positivem Ansprechen (z. B. Reduktion der VAS um mindestens 2 Punkte) mit nicht ausreichender Wirkung oder wiederkehrenden Beschwerden im Abstand von mindestens 1–3 Wochen zur vorherigen Injektion erfolgen. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Joswig et al., 2018; Lee, 2016; Mattie et al., 2020; McLain et al., 2005; Murthy et al., 2014) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

| 13.2 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|---|--------------|
| Empfehlungsgrad: B ↓ | Eine Wiederholung derselben Injektion, ohne dass die vorherige Injektion eine Wirkung gezeigt hat oder Serien von Injektionen ohne Beurteilung der Wirkung zwischen den Injektionen sollten nicht durchgeführt werden. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Joswig et al., 2018; Lee, 2016; Mattie et al., 2020; McLain et al., 2005; Murthy et al., 2014) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

| 13.3 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|--|--------------|
| Empfehlungsgrad: B ↑ | Die Anzahl der Injektionen sollte unter Berücksichtigung der maximalen Dosis von 200 mg (3 mg/kg Körpergewicht) Methylprednisolon-Äquivalent/Jahr limitiert werden. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Brown-Beresford et al., 2022; Maus et al., 2024) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

10. Versorgungsaspekte

10.1. Frage 14: Welche Versorgungsaspekte gilt es bei einer epiduralen Injektion zu berücksichtigen?

In diesem Kapitel sollen Strukturen der medizinischen Versorgung betrachtet werden. Es wird untersucht, welche Versorgungsform für epidurale Injektionen in Frage kommt (ambulant oder stationär), ob epidurale Injektionen kosteneffektiv sind und wie die Vergütung für epidurale Injektionen aussieht.

Da sich die Versorgungsformen in anderen Ländern teilweise deutlich von der Situation in Deutschland unterscheiden, ist es nicht möglich, die Ergebnisse internationaler Studien direkt auf Deutschland zu übertragen. Auch die Untersuchungen zur Kosteneffektivität sind nur beispielhaft aufgeführt. Sowohl Kosten als auch Vergütung sind in anderen Ländern oft erheblich anders als in Deutschland.

Evidenz von Studien

Versorgungsform (ambulant/stationär)

Es existieren keine Studien, die die Ergebnisse ambulant durchgeführter epiduraler Injektionen mit Injektionen im stationären Setting verglichen haben. Möglich ist aber eine Auswertung der in den Frage 3–5 aufgeführten RCTs bezüglich des verwendeten Settings.

Viele Studien zu therapeutischen epiduralen Injektionen wurden in Kliniken (oft Universitätskliniken) durchgeführt, jedoch ohne dass von einem stationären Aufenthalt berichtet wurde. Lediglich bei zwei Studien bezüglich interlaminärer Injektionen ohne Bildgebung wird erwähnt, dass die Injektion Teil einer stationären Schmerztherapie war (Kim et al., 2019; Teske et al., 2009). Manchikanti et al. haben alle RCTs in einem ambulanten Setting durchgeführt (eine Studie zu transforaminalen Injektionen an der LWS, fünf Studien zu interlaminären Injektionen mit Durchleuchtung an der HWS, sechs Studien zu interlaminären Injektionen mit Durchleuchtung an der LWS und elf Studien zu kaudalen Injektionen mit Durchleuchtung). Vier weitere RCTs zu interlaminären Injektionen wurden im ambulanten Setting durchgeführt sowie acht RCTs zu kaudalen Injektionen (Literatur in den Kapiteln zu den Fragen 3–5).

Kosteneffektivität

In einer Studie zur Kosteneffektivität von Price et al. wurden erhebliche Kosten für eine epidurale Injektion einer nur vorübergehenden Wirkung gegenübergestellt, so dass sich kein gutes Preis-Leistungsverhältnis ergibt (Price et al., 2005). Der Zugang (transforaminal, interlaminär oder kaudal) wird nicht beschrieben.

Mehrere RCTs zu transforaminalen lumbalen Injektionen haben die Kosten ausgewertet. Karppinen et al. haben eine Untergruppenanalyse ihrer randomisierten Studie zu transforaminalen Injektionen der LWS durchgeführt (Karppinen et al., 2001b). 160 konsekutive Patienten wurden randomisiert und entweder mit Kortison und Lokalanästhesie oder mit Kochsalz behandelt. In der Untergruppe mit „Contained Herniations“ konnten rechnerisch nach einem Jahr in der Kortisongruppe 1.969 \$ pro Patienten gespart werden. Auf Grund der höheren Rate an Operationen in der Untergruppe mit „Extrusions“ waren hier die Kosten in der Kortisongruppe höher. Vad et al. berichten hingegen über mögliche wirtschaftliche Einsparungen durch frühere Rückkehr an den Arbeitsplatz, wodurch die langfristigen medizinischen Behandlungskosten gesenkt würden (Vad et al., 2002). Ghareman et al. geben an, dass die transforaminale Injektion eindeutig kosteneffizient ist, sofern die Kosten der Alternative, einer Operation, mehr als das Vierfache der Kosten einer Injektion betragen.

Spijker-Huiges et al. haben im zweiten Teil ihrer RCT zu interlaminären Injektionen ohne Bildgebung die Kosten untersucht und sind zu dem Ergebnis gekommen, dass durch epidurale Injektionen Kosten eingespart werden können (Spijker-Huiges et al., 2015).

Coomes et al. geben an, dass eine kaudale Injektion ohne Bildgebung kostengünstiger ist, als ein konservative Behandlung auf Grund der längeren Arbeitsunfähigkeit (Coomes, 1961). Auch drei weitere Studien bezeichnen die Injektion als kosteneffektiv (Datta et al., 2013; Dincer et al., 2007; Murakibhavi and Khemka, 2011).

Vergütung in Deutschland

Eine Abrechnung epiduraler Injektionen ist über die Gebührenordnung für Ärzte (GOÄ), über den Einheitlichen Bewertungsmaßstab (EBM) oder über Selektivverträge entsprechend der besonderen Versorgung gemäß § 140a SGB V möglich.

Im EBM stehen die Ziffer 34503 für Injektionen unter Durchleuchtung und die Ziffer 34504 für Injektionen im CT zur Verfügung. Bei der CT-gesteuerten schmerztherapeutischen Intervention muss eine interdisziplinäre Diagnostik vorausgegangen sein. Die Ziffer 34504 ist nur berechnungsfähig, wenn sie von Ärzten erbracht wird, welche die Voraussetzungen gemäß Qualitätssicherungsvereinbarung zur schmerztherapeutischen Versorgung chronisch schmerzkranker Patienten gemäß § 135 Abs. 2 SGB V erfüllen, oder die Behandlung auf Überweisung eines Arztes erfolgt, der entweder die vorgenannten Voraussetzungen erfüllt oder über die Zusatzweiterbildung Schmerztherapie gemäß der Weiterbildungsordnung besitzt (Kassenärztliche Bundesvereinigung, 2024).

Zu beachten ist aber, dass die epidurale Anwendung von Kortison off-label ist (siehe Frage 9). Ein Off-Label-Use ist jedoch nur in Ausnahmefällen eine Leistung der gesetzlichen Krankenkasse (KVBW, 2021). Somit kommt eine Abrechnung einer epiduralen Injektion mit Kortison über den EBM in der Regel nicht in Frage. Unabhängig von der Abrechnung sind eine umfassende, gründliche Aufklärung der Patienten zum möglichen Nutzen und zu möglichen

Risiken des Off-Label-Use, deren Zustimmung und eine lückenlose Behandlungsdokumentation unerlässlich (Eckert, 2024).

Selektivverträge gemäß § 140a SGB V bieten eine weitere Abrechnungsmöglichkeit. Solche Verträge werden z. B. von Berufsverbänden verhandelt. Oftmals ist eine Abrechnungsfirma beteiligt. Der Patient muss sich zur Teilnahme einschreiben, wodurch die Behandlung dann nicht mehr der Regelversorgung angehört. Es existiert eine Vielzahl an Verträgen, deren Bedingungen ebenso wie die beteiligten Abrechnungsfirmen und die teilnehmenden Krankenkassen unterschiedlich und oft nur regional (z. B. in einem Bundesland) gültig sind.

Existierende Leitlinien

Die NICE-Guidelines (NICE, 2016) bezieht sich auf die beiden Studien von Price et al. und Spijker-Huiges et al. (Price et al., 2005; Spijker-Huiges et al., 2015). Die S2k Leitlinie zur konservativen, operativen und rehabilitativen Versorgung bei Bandscheibenvorfällen mit radikulärer Symptomatik (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, 2020) verweist auf ein Review (MacVicar et al., 2013) bezüglich lumbaler transforaminaler Injektionen mit dem Hinweis, dass diese Injektionen kosteneffektiv seien.

Die ASIPP Leitlinie (Manchikanti et al., 2021b) enthält ein Kapitel über Kosteneffektivität epiduraler Injektionen, wobei vor allem die Studien von Manchikanti et al. ausgewertet wurden. Den Interventionen wird Kosteneffektivität bescheinigt, insbesondere im Vergleich zu chirurgischen Eingriffen.

Zum Setting (ambulant oder stationär) gibt es in den Leitlinien keine Empfehlung.

Empfehlung

Die Auswertung der RCTs zeigt, dass es üblich ist, epidurale Injektionen sowohl in einem ambulanten Setting als auch innerhalb einer stationären Therapie durchzuführen.

| 14.1 | Empfehlung | Stand (2025) |
|--|--|--------------|
| Empfehlungsgrad: 0 ⇔ | Eine epidurale Injektion kann sowohl im Rahmen einer ambulanten Versorgungsform als auch im Rahmen eines stationären Aufenthaltes erfolgen. | |
| Qualität der Evidenz: niedrig ⊕⊕○○ | (Kim et al., 2019; Manchikanti et al., 2021b; Teske et al., 2009) | |
| | Konsensstärke: Starker Konsens (100 %, 11/11) | |

11. Wichtige Forschungsfragen

Ein Problem bei der Beurteilung der vorhandenen Literatur ist die Heterogenität der Studien. Zum einen müssen die drei möglichen Zugangswege unterschieden werden, dann ob die Studien mit oder ohne Bildgebung (Durchleuchtung, CT, Ultraschall) durchgeführt wurden und ggf. macht auch eine Unterscheidung der zugrundeliegenden Erkrankung (z. B. Bandscheibenvorfall oder knöcherne Stenose) Sinn. Ansonsten sind die Ergebnisse der verschiedenen Studien nicht vergleichbar. Zudem werden unterschiedliche Definitionen von Sham-Prozedur oder Placebo-Injektion angewendet. Es besteht also Forschungsbedarf für weitere Studien zur Nutzenbewertung mit strengen Einschlusskriterien. Dies gilt insbesondere für die HWS, da keine randomisierten Studien zu transforaminalen Injektionen versus Placebo an der HWS existieren und nur wenige Studien zu interlaminären Eingriffen.

Der ideale Zeitpunkt für eine epidurale Injektion in Abhängigkeit von der Grunderkrankung ist eine wichtige Forschungsfrage.

Für die Art der Bildgebung, die für ein bestimmtes Injektionsverfahren verwendet wird, bedarf es weiterer Studien. Es gibt bildgebende Verfahren, die zwar in großer Häufigkeit angewendet werden, die aber in der Literatur nur wenig repräsentiert sind. So ist es in Deutschland üblich, neben der Durchleuchtung Interventionen mit dem CT durchzuführen. Die Durchleuchtung wird in dieser Leitlinie deswegen als Goldstandard bezeichnet, da für dieses Verfahren mehr Evidenz in Form von randomisierten Studien vorhanden ist. Theoretische Vorteile der CT, wie eine bessere Visualisierung des Zielgewebes und der gefährdeten Strukturen wurde bisher wenig in Studien mit Evidenz von hoher Qualität untersucht. Ob dieser theoretische Vorteil der computertomographischen Bildsteuerung bei Infiltrationen an der Wirbelsäule zu mehr Präzision, Sicherheit und auch besseren klinischen Ergebnissen führt, muss das Ziel weiterer Forschung mit randomisierten Studien, im besten Falle im direkten Vergleich beider Methoden sein.

Auch die Möglichkeit der Erkennung einer unbeabsichtigten intraarteriellen Injektion im Vergleich zwischen CT und Durchleuchtung ist ein forschungsrelevantes Thema. Es wird in der Literatur die Darstellung der Kontrastmittelverteilung in Echtzeit gefordert. Ob sich diese Forderung auch auf Injektionen im CT übertragen lässt, muss durch Studien geklärt werden, da nicht bekannt ist, ob die Durchführung einer CT-Fluoroskopie mit Live-Darstellung der Kontrastmittelverteilung wirklich zu selteneren Komplikationen führt.

Ultraschall wird eine zunehmende Bedeutung bekommen. Die Effektivität von Ultraschallgeführten Injektionen sollte mit Hilfe von Studien nachgewiesen werden.

Für die epiduralen Injektionen an der HWS sind die Unterschiede in der Wirksamkeit und im Risikoprofil interlaminärer und transforaminaler Injektionen weiter herauszuarbeiten.

Klärungsbedarf gibt es auch für die zu verwendenden Medikamente und deren Dosierungen. Vor allem sollte der Nutzen von Kortison in Abhängigkeit der Dosierungen untersucht werden.

12. Zusammensetzung der Leitliniengruppe

12.1. Leitlinienkoordinatoren

Prof. Dr. Stephan Klessinger

Dr. Karsten Wiechert

12.2. Ansprechpartner

Prof. Dr. Stephan Klessinger

Neurochirurgie Biberach

Eichendorffweg 5

88400 Biberach

07351 4403 0

12.3. Beteiligte Fachgesellschaften und Organisationen

In Tabelle 3 sind alle involvierten Fachgesellschaften sowie ihre Mandatsträger aufgeführt, die an der Erstellung dieser Leitlinie beteiligt waren.

Tabelle 3: Mitglieder der Leitliniengruppe

| Mandatstragende/ Stellvertreter | Fachgesellschaft/Organisation | Berufsgruppe |
|--|---|--|
| Prof. Dr. Stephan Klessinger (Koordinator) Dr. Karsten Wiechert (Mandatsträger für die DWG) Dr. Holger Koepp | Deutsche Wirbelsäulengesellschaft e. V. (DWG) (Federführende Fachgesellschaft) | Neurochirurg Orthopäde&Unfallc hirurg Orthopäde&Unfallc hirurg |
| Prof. Dr. Hans-Raimund Casser | Deutsche Schmerzgesellschaft e. V. | Orthopäde&Unfallc hirurg |
| Univ.-Prof. Dr. Heike Rittner | Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin e. V. (DGA) | Anästhesistin |
| PD Dr. Hela-F. Petereit Prof. Dr. Hyettin Tumani | Deutsche Gesellschaft für Neurologie (DGN) | Neurologin Neurologe |

| Mandatstragende/ Stellvertreter | Fachgesellschaft/Organisation | Berufsgruppe |
|--|--|--|
| Prof. Dr. Rezvan Ahmadi PD Dr. med. Christian Ewelt | Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie (DGNC) | Neurochirurgin Neurochirurg |
| Dr. Robert Fessler Dr. Daniel A. Weiß | Deutsche Gesellschaft für Neuroradiologie (DGNR) | Radiologe und Neurochirurg Radiologe |
| PD Dr. Philipp Pieroh Prof. Dr. Matthias Pumberger | Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie e. V. (DGOU) | Orthopäde&Unfallc hirurg Orthopäde&Unfallc hirurg |
| Prof. Dr. Christoph Trumm | Deutsche Röntgengesellschaft (DRG) | Radiologe |
| Dr. Patrick Weidle Dr. Martin Legat | Interdisziplinäre Gesellschaft für orthopädische/unfallchirurgische und allgemeine Schmerztherapie e. V. (IGOST) | Orthopäde Orthopäde |
| Heike Norda Helge Libera | Unabhängige Vereinigung aktiver Schmerzpatienten in Deutschland e. V. (SchmerzLos) | Patientenvertreteri n |
| Christopher Büttner | Deutscher Verband für Physiotherapie | Physiotherapeut |

12.4. Patienten/Bürgerbeteiligung

Die Leitlinie wurde unter direkter Beteiligung von Patientenvertretern 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.

12.5. Methodische Begleitung

Bei der Erstellung der Leitlinie wurde die Leitliniengruppe durch Frau Dr. Monika Nothacker, stellvertretende Leiterin AWMF und Frau Frauke Schwier, AWMF, begleitet.

13. Informationen zu dieser Leitlinie

13.1. Methodische Grundlagen

Die Methodik zur Erstellung dieser S3-Leitlinie richtet sich nach dem AWMF-Regelwerk (Version 2.1 vom 05.09.2023) 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 (Auflage 2.1, AWMF, 2023)
- 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>.

13.2. Systematische Recherche und Auswahl der Evidenz

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

13.3. 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 vierzehn 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.

13.4. Konsensfindung

Die strukturierte Konsensfindung erfolgte im Februar 2025 im Rahmen einer Delphi-Abstimmung mit anschließender Online-Konsenskonferenz unter unabhängiger Moderation der AWMF. Eine ausführliche Beschreibung der strukturierten Konsensfindung befindet sich im Leitlinienreport zu dieser Leitlinie.

13.5. Empfehlungsgraduierung und Feststellung der Konsensstärke

Die Tabelle 4 zeigt die verwendete Empfehlungsgraduierung.

Tabelle 4: 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 5 klassifiziert.

Tabelle 5: 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 |

14. Redaktionelle Unabhängigkeit

14.1. 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.

14.2. 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, PD Dr. Nicolas von der Höh, sowie der AWMF (Frau Schwier) 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.

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

15. Externe Begutachtung und Verabschiedung

Die Konsultationsfassung der Leitlinie wurde für die Fachöffentlichkeit auf der Internetseite der AWMF vom 19.03.2025 bis 19.04.2025 zur Kommentierung mit einem standardisierten Kommentarformular bereitgestellt.

16. Gültigkeitsdauer und Aktualisierungsverfahren

Die Leitlinie ist ab **xx** bis zur nächsten Aktualisierung gültig. Die Gültigkeitsdauer wird auf fünf Jahre festgelegt. 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

17. Verwendete Abkürzungen

| Abkürzung | Erläuterung |
|-----------|--|
| ASIPP | American Society of Interventional Pain Physicians |
| ASPN | The American Society of Pain & Neuroscience |
| ASRA | American Society of Regional Anesthesia and Pain Medicine |
| AWMF | Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Fachgesellschaften e.V. |
| CSPA | zervikale Spinalnervenanästhesie |
| CT | Computertomographie |
| HWS | Halswirbelsäule |
| IPSIS | International Pain and Spine Intervention Society |
| LWS | Lendenwirbelsäule |
| LOR | Loss of resistance |
| LSPA | lumbale Spinalnervenanästhesie |
| MRT | Magnetresonanztomographie |
| NICE | The National Institute for Health and Care Excellence |
| NDI | Neck Disability index |
| NRS | Numerische Rating Skala |
| NSAID | Nichtsteroidales Antirheumatikum |
| ODI | Oswestry Disability Index |
| PRP | Platelet rich plasma |
| PRT | Periradikuläre Therapie |
| RCT | Randomisiert kontrollierte Studie |
| RMQ | Roland Morrison Fragebogen |
| VAS | Visuelle Analogskala |

18. Literaturverzeichnis

- 1 Abbasi, A., Malhotra, G., Malanga, G., Elovic, E.P., Kahn, S., 2007. Complications of Interlaminar Cervical Epidural Steroid Injections: A Review of the Literature. *Spine* 32, 2144–2151. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318145a360>
- 2 Abram, S.E., 1999. Treatment of lumbosacral radiculopathy with epidural steroids. *Anesthesiology* 91, 1937–1941. <https://doi.org/10.1097/00000542-199912000-00047>
- 3 Abrecht, C.R., Saba, R., Greenberg, P., Rathmell, J.P., Urman, R.D., 2019. A Contemporary Medicolegal Analysis of Outpatient Interventional Pain Procedures: 2009–2016. *Anesthesia & Analgesia* 129, 255–262. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000004096>
- 4 Ackerman, W.E., Ahmad, M., 2007. The Efficacy of Lumbar Epidural Steroid Injections in Patients with Lumbar Disc Herniations. *Anesthesia & Analgesia* 104, 1217–1222. <https://doi.org/10.1213/01.ane.0000260307.16555.7f>
- 5 Ahadian, F.M., McGreevy, K., Schulteis, G., 2011. Lumbar Transforaminal Epidural Dexamethasone: A Prospective, Randomized, Double-Blind, Dose-Response Trial. *Regional Anesthesia and Pain Medicine* 36, 572–578. <https://doi.org/10.1097/AAP.0b013e318232e843>
- 6 Ahmed, M., Ahmad, A., Arshad, M., Naseer, H., Zamarud, A., 2023. Ultrasound-Guided Versus Conventional Fluoroscopy-Guided Epidural Injection for Radiculopathy. A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *World Neurosurgery* 180, 203–212.e4. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.09.088>
- 7 Ajar, A., Rathmell, J., Mukherji, S., 2002. The subdural compartment. *Regional Anesthesia and Pain Medicine* 27, 72–76. <https://doi.org/10.1053/rapm.2002.29242>
- 8 Akkaya, T., Ozkan, D., Kertmen, H., Sekerci, Z., 2017. Caudal Epidural Steroid Injections in Postlaminectomy Patients: Comparison of Ultrasonography and Fluoroscopy. *Turk Neurosurg* 27, 420–425. <https://doi.org/10.5137/1019-5149.JTN.16171-15.1>
- 9 Aldin, Z., Diss, J.K., Mahmood, H., Sadik, T., Basra, H., Ahmed, M., Danawi, Z., Gul, A., Sayed-Noor, A.S., 2024. Long-term effectiveness of transforaminal anterolateral approach CT-guided cervical epidural steroid injections for cervical radiculopathy treatment. *Clinical Radiology* 79, e775–e783. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2024.01.022>
- 10 Al-Mutair, A., Bednar, D.A., 2010. Spinal epidural hematoma. *J Am Acad Orthop Surg* 18, 494–502. <https://doi.org/10.5435/00124635-201008000-00006>
- 11 Al-Shoha, A., Rao, D.S., Schilling, J., Peterson, E., Mandel, S., 2012. Effect of Epidural Steroid Injection on Bone Mineral Density and Markers of Bone Turnover in Postmenopausal Women: *Spine* 37, E1567–E1571. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318270280e>
- 12 Amen, C., Zhao, Z., 2024. Posterior internal vertebral venous plexus, the “Black Ice” of epidural hematoma: A letter to the editor. *Interventional Pain Medicine* 3, 100437. <https://doi.org/10.1016/j.inpm.2024.100437>
- 13 American Society of Anesthesiologists, Committee on Pain Medicine, 2021. Statement on Anesthetic Care During Interventional Pain Procedures for Adults [WWW Document]. URL

- <https://www.asahq.org/standards-and-practice-parameters/statement-on-anesthetic-care-during-interventional-pain-procedures-for-adults> (accessed 8.9.24).
- 14 Amrhein, T.J., Parivash, S.N., Gray, L., Kranz, P.G., 2017. Incidence of Inadvertent Dural Puncture During CT Fluoroscopy–Guided Interlaminar Epidural Corticosteroid Injections in the Cervical Spine: An Analysis of 974 Cases. *American Journal of Roentgenology* 209, 656–661. <https://doi.org/10.2214/AJR.16.17738>
 - 15 Amrhein, T.J., Schauburger, J.S., Kranz, P.G., Hoang, J.K., 2016. Reducing Patient Radiation Exposure From CT Fluoroscopy–Guided Lumbar Spine Pain Injections by Targeting the Planning CT. *American Journal of Roentgenology* 206, 390–394. <https://doi.org/10.2214/AJR.15.14436>
 - 16 Arden, N.K., Price, C., Reading, I., Stubbing, J., Hazelgrove, J., Dunne, C., Michel, M., Rogers, P., Cooper, C., 2005. A multicentre randomized controlled trial of epidural corticosteroid injections for sciatica: the WEST study. *Rheumatology* 44, 1399–1406. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/kei028>
 - 17 Artner, J., Lattig, F., Reichel, H., Cakir, B., 2012. Effective Dose of CT-Guided Epidural and Periradicular Injections of the Lumbar Spine: A Retrospective Study. *Open Orthop J* 6, 357–361. <https://doi.org/10.2174/1874325001206010357>
 - 18 Awad, M., Raouf, M.M., Mikhail, H.K., Megalla, S.A., Hamawy, T.Y., Mohamed, A.H., 2021. Efficacy of transforaminal epidural magnesium administration when combined with a local anaesthetic and steroid in the management of lower limb radicular pain. *European Journal of Pain* 25, 1274–1282. <https://doi.org/10.1002/ejp.1748>
 - 19 Baker, R., Dreyfuss, P., Mercer, S., Bogduk, N., 2003. Cervical transforaminal injection of corticosteroids into a radicular artery: a possible mechanism for spinal cord injury. *Pain* 103, 211–215. [https://doi.org/10.1016/S0304-3959\(02\)00343-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3959(02)00343-3)
 - 20 Barham, G., Hilton, A., 2010. Caudal epidurals: the accuracy of blind needle placement and the value of a confirmatory epidurogram. *Eur Spine J* 19, 1479–1483. <https://doi.org/10.1007/s00586-010-1469-8>
 - 21 Batinac, T., Sotošek Tokmadžić, V., Peharda, V., Brajac, I., 2013. Adverse reactions and alleged allergy to local anesthetics: Analysis of 331 patients. *The Journal of Dermatology* 40, 522–527. <https://doi.org/10.1111/1346-8138.12168>
 - 22 Beckworth, W.J., Ghanbari, G.M., Lamas-Basulto, E., Taylor, B., 2024. Safety of cervical transforaminal epidural steroid injections. *Interventional Pain Medicine* 3, 100420. <https://doi.org/10.1016/j.inpm.2024.100420>
 - 23 Beckworth, W.J., Sood, R., Katzer, A.F., Wu, B., 2013. Anomalous Location of the Vertebral Artery in Relation to the Neural Foramen. Implications for Cervical Transforaminal Epidural Steroid Injections. *Pain Med* 14, 1119–1125. <https://doi.org/10.1111/pme.12121>
 - 24 Béliveau, P., 1971. A comparison between epidural anaesthesia with and without corticosteroid in the treatment of sciatica. *Rheumatol Phys Med* 11, 40–43. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/11.1.40>

- 25 Benny, B., Azari, P., Briones, D., 2010. Complications of Cervical Transforaminal Epidural Steroid Injections. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 89, 601–607. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e3181e2d07c>
- 26 Bensler, S., Sutter, R., Pfirrmann, C.W.A., Peterson, C.K., 2017. Is there a difference in treatment outcomes between epidural injections with particulate versus non-particulate steroids? *Eur Radiol* 27, 1505–1511. <https://doi.org/10.1007/s00330-016-4498-9>
- 27 Benyamin, R.M., Vallejo, R., Wang, V., Kumar, N., Cedeño, D.L., Tamrazi, A., 2016. Acute Epidural Hematoma Formation in Cervical Spine After Interlaminar Epidural Steroid Injection Despite Discontinuation of Clopidogrel: *Regional Anesthesia and Pain Medicine* 41, 398–401. <https://doi.org/10.1097/AAP.0000000000000397>
- 28 Benzon, H.T., in Vorbereitung. Multispecialty multisociety practice guideline on the performance and safety of steroid injections.
- 29 Benzon, H.T., Huntoon, M.A., Rathmell, J.P., 2015. Improving the safety of epidural steroid injections. *JAMA* 313, 1713–1714. <https://doi.org/10.1001/jama.2015.2912>
- 30 Berkun, Y., Ben-Zvi, A., Levy, Y., Galili, D., Shalit, M., 2003. Evaluation of adverse reactions to local anesthetics: experience with 236 patients. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology* 91, 342–345. [https://doi.org/10.1016/S1081-1206\(10\)61680-8](https://doi.org/10.1016/S1081-1206(10)61680-8)
- 31 Bhatia, A., Flamer, D., Shah, P.S., Cohen, S.P., 2016. Transforaminal Epidural Steroid Injections for Treating Lumbosacral Radicular Pain from Herniated Intervertebral Discs: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Anesthesia & Analgesia* 122, 857–870. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000001155>
- 32 Bicket, M.C., Gupta, A., Brown, C.H., Cohen, S.P., 2013. Epidural injections for spinal pain: a systematic review and meta-analysis evaluating the “control” injections in randomized controlled trials. *Anesthesiology* 119, 907–931. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e31829c2ddd>
- 33 Bise, S., Langlet, B., Pesquer, L., Poussange, N., Silvestre, A., Dallaudiere, B., 2023. Transforaminal versus interlaminar CT-guided lumbar epidural steroid injections: prospective study of 237 patients with unilateral radicular pain and up to 5 years of follow-up. *Skeletal Radiol* 52, 1959–1967. <https://doi.org/10.1007/s00256-023-04290-y>
- 34 Bock, A.C., 1827. *Die Rückenmarksnerven nach ihrem ganzen Verlaufe, Vertheilungen und Verbindungen*. Baumgärtner, Leipzig.
- 35 Bogdanovic, S., Sutter, R., Zubler, V., 2023. Spine injections: the rationale for CT guidance. *Skeletal Radiol* 52, 1853–1862. <https://doi.org/10.1007/s00256-022-04188-1>
- 36 Bogduk, N., 2016. Functional anatomy of the spine, in: *Handbook of Clinical Neurology*. Elsevier, pp. 675–688. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53486-6.00032-6>
- 37 Bogduk N, ed., 2013. *Practice Guidelines for Spinal Diagnostic and Treatment Procedures*, 2nd edn. ed. International Spine Intervention Society, San Francisco.

- 38 Borton, Z.M., Oakley, B.J., Clamp, J.A., Birch, N.C., Bateman, A.H., 2022. Cervical transforaminal epidural steroid injections for radicular pain: a systematic review. *The Bone & Joint Journal* 104-B, 567–574. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.104B5.BJJ-2021-1816.R1>
- 39 Botwin, K.P., Natalicchio, J., Hanna, A., 2004. Fluoroscopic guided lumbar interlaminar epidural injections: a prospective evaluation of epidurography contrast patterns and anatomical review of the epidural space. *Pain Physician* 7, 77–80.
- 40 Brouwers, P.J.A.M., Kottink, E.J.B.L., Simon, M.A.M., Prevo, R.L., 2001. A cervical anterior spinal artery syndrome after diagnostic blockade of the right C6-nerve root. *Pain* 91, 397–399. [https://doi.org/10.1016/S0304-3959\(00\)00437-1](https://doi.org/10.1016/S0304-3959(00)00437-1)
- 41 Brown, D.L., Ransom, D.M., Hall, J.A., Leicht, C.H., Schroeder, D.R., Offord, K.P., 1995. Regional anesthesia and local anesthetic-induced systemic toxicity: seizure frequency and accompanying cardiovascular changes. *Anesth Analg* 81, 321–328. <https://doi.org/10.1097/0000539-199508000-00020>
- 42 Brown-Beresford, K., Wahba, M., Herriot, P., Smithson-Tomas, G., Thiruvankatarajan, V., 2022. Cumulative glucocorticoid exposure in patients receiving epidural steroid injections: A single-centre retrospective evaluation on 581 procedures against existing clinical recommendations. *Interventional Pain Medicine* 1, 100094. <https://doi.org/10.1016/j.inpm.2022.100094>
- 43 Buchner, M., Zeifang, F., Brocai, D.R.C., Schiltenswolf, M., 2000. Epidural Corticosteroid Injection in the Conservative Management of Sciatica: *Clinical Orthopaedics and Related Research* 375, 149–156. <https://doi.org/10.1097/00003086-200006000-00018>
- 44 Bui, J., Bogduk, N., 2013. A Systematic Review of the Effectiveness of CT-Guided, Lumbar Transforaminal Injection of Steroids. *Pain Med* 14, 1860–1865. <https://doi.org/10.1111/pme.12243>
- 45 Bush, K., Hillier, S., 1991. A controlled study of caudal epidural injections of triamcinolone plus procaine for the management of intractable sciatica. *Spine* 16, 572–5.
- 46 Cai, J., Jiang, W., Qiu, B., Song, Y., 2020. Efficacy and safety of epidural steroid injection following discectomy for patients with lumbar disc herniation: A protocol. *Medicine (Baltimore)* 99, e21220. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000021220>
- 47 Carette, S., Leclaire, R., Marcoux, S., Morin, F., Blaise, G.A., St-Pierre, A., Truchon, R., Parent, F., Levésque, J., Bergeron, V., Montminy, P., Blanchette, C., 1997. Epidural corticosteroid injections for sciatica due to herniated nucleus pulposus. *N Engl J Med* 336, 1634–1640. <https://doi.org/10.1056/NEJM199706053362303>
- 48 Carr, C.M., Plastaras, C.T., Pingree, M.J., Smuck, M., Maus, T.P., Geske, J.R., El-Yahchouchi, C.A., McCormick, Z.L., Kennedy, D.J., 2016. Immediate Adverse Events in Interventional Pain Procedures: A Multi-Institutional Study. *Pain Med* 17, 2155–2161. <https://doi.org/10.1093/pm/pnw051>
- 49 Celenlioglu, A.E., Sencan, S., Bilim, S., Sancar, M., Gunduz, O.H., 2022. Comparison of Caudal Versus Transforaminal Epidural Steroid Injection in Post Lumbar Surgery Syndrome After Single-level Discectomy: A Prospective, Randomized Trial. *Pain Physician* 25, 161–169.

- 50 Chae, J.S., Kim, W., Choi, S.H., 2022. Effects of Local Anesthetics With or Without Steroids in High-Volume Transforaminal Epidural Blocks for Lumbar Disc Herniation: A Randomized, Double-Blind, Controlled Trial. *J Korean Med Sci* 37, e137. <https://doi.org/10.3346/jkms.2022.37.e137>
- 51 Chang, A., Wang, D., 2020. Complications of Fluoroscopically Guided Cervical Interlaminar Epidural Steroid Injections. *Curr Pain Headache Rep* 24, 63. <https://doi.org/10.1007/s11916-020-00897-1>
- 52 Chang, A.L., Schoenfeld, A.H., Brook, A.L., Miller, T.S., 2013. Radiation Dose for 345 CT-Guided Interlaminar Lumbar Epidural Steroid Injections. *AJNR Am J Neuroradiol* 34, 1882–1886. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A3540>
- 53 Chang, M.C., 2018. Spinal Cord Injury by Direct Damage During CT-Guided C7 Transforaminal Epidural Steroid Injection. *Am J Phys Med Rehabil* 97, e62–e64. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000860>
- 54 Chatterjee, N., Roy, C., Das, S., Al Ajmi, W., Al Sharji, N.S., Al Mandhari, A., 2019. Comparative Efficacy of Methylprednisolone Acetate and Dexamethasone Disodium Phosphate in Lumbosacral Transforaminal Epidural Steroid Injections. *Turk J Anaesthesiol Reanim* 47, 414–419. <https://doi.org/10.5152/TJAR.2019.69741>
- 55 Choi, E., Nahm, F.S., Lee, P.-B., 2015. Comparison of contrast flow and clinical effectiveness between a modified paramedian interlaminar approach and transforaminal approach in cervical epidural steroid injection. *British Journal of Anaesthesia* 115, 768–774. <https://doi.org/10.1093/bja/aev342>
- 56 Choi, E.-J., Park, S.J., Yoo, Y.-M., Yoon, J.-U., Shin, S.-W., Byeon, G.-J., 2021. Comparison of the Oblique Interlaminar and Transforaminal Lumbar Epidural Steroid Injections for Treatment of Low Back and Lumbosacral Radicular Pain. *JPR Volume* 14, 407–414. <https://doi.org/10.2147/JPR.S293166>
- 57 Chumnanvej, Sorayouth, Kittayapirom, K., Chumnanvej, Siriluk, 2018. Visualization of Needle-Tip Localization by Ultrasound Guidance with Contrast Bubble in Lumbar Selective Nerve Root Block: Clinical Pilot Study. *World Neurosurgery* 111, e418–e423. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.12.079>
- 58 Chung, S.G., 2011. Convulsion Caused by a Lidocaine Test in Cervical Transforaminal Epidural Steroid Injection. *PM&R* 3, 674–677. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2011.02.005>
- 59 Cochran, S.T., 2005. Anaphylactoid reactions to radiocontrast media. *Curr Allergy Asthma Rep* 5, 28–31. <https://doi.org/10.1007/s11882-005-0051-7>
- 60 Cohen, S.P., Bogduk, N., Dragovich, A., Buckenmaier, C.C., Griffith, S., Kurihara, C., Raymond, J., Richter, P.J., Williams, N., Yaksh, T.L., 2009. Randomized, Double-blind, Placebo-controlled, Dose-response, and Preclinical Safety Study of Transforaminal Epidural Etanercept for the Treatment of Sciatica. *Anesthesiology* 110, 1116–1126. <https://doi.org/10.1097/ALN.0b013e3181a05aa0>
- 61 Cohen, S.P., Hanling, S., Bicket, M.C., White, R.L., Veizi, E., Kurihara, C., Zhao, Z., Hayek, S., Guthmiller, K.B., Griffith, S.R., Gordin, V., White, M.A., Vorobeychik, Y., Pasquina, P.F., 2015.

- Epidural steroid injections compared with gabapentin for lumbosacral radicular pain: multicenter randomized double blind comparative efficacy study. *BMJ* 350, h1748–h1748. <https://doi.org/10.1136/bmj.h1748>
- 62 Cohen, S.P., Hayek, S., Semenov, Y., Pasquina, P.F., White, R.L., Veizi, E., Huang, J.H.Y., Kurihara, C., Zhao, Z., Guthmiller, K.B., Griffith, S.R., Verdun, A.V., Giampetro, D.M., Vorobeychik, Y., 2014. Epidural steroid injections, conservative treatment, or combination treatment for cervical radicular pain: a multicenter, randomized, comparative-effectiveness study. *Anesthesiology* 121, 1045–1055. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000409>
- 63 Cohen, S.P., Hurley, R.W., 2007. The Ability of Diagnostic Spinal Injections to Predict Surgical Outcomes. *Anesthesia & Analgesia* 105, 1756–1775. <https://doi.org/10.1213/01.ane.0000287637.30163.a2>
- 64 Cohen, S.P., White, R.L., Kurihara, C., Larkin, T.M., Chang, A., Griffith, S.R., Gilligan, C., Larkin, R., Morlando, B., Pasquina, P.F., Yaksh, T.L., Nguyen, C., 2012. Epidural steroids, etanercept, or saline in subacute sciatica: a multicenter, randomized trial. *Ann Intern Med* 156, 551–559. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-156-8-201204170-00397>
- 65 Collet, J.-P., Himbert, D., Steg, P.G., 2000. Myocardial infarction after aspirin cessation in stable coronary artery disease patients. *International Journal of Cardiology* 76, 257–258. [https://doi.org/10.1016/S0167-5273\(00\)00399-5](https://doi.org/10.1016/S0167-5273(00)00399-5)
- 66 Collier, C., 2004. Accidental subdural injection during attempted lumbar epidural block may present as a failed or inadequate block: radiographic evidence. *Regional Anesthesia and Pain Medicine* 29, 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.rapm.2003.10.012>
- 67 Conger, A., Cushman, D.M., Speckman, R.A., Burnham, T., Teramoto, M., McCormick, Z.L., 2020. The Effectiveness of Fluoroscopically Guided Cervical Transforaminal Epidural Steroid Injection for the Treatment of Radicular Pain; a Systematic Review and Meta-analysis. *Pain Medicine* 21, 41–54. <https://doi.org/10.1093/pm/pnz127>
- 68 Coomes, E.N., 1961. A comparison between epidural anaesthesia and bed rest in sciatica. *Br Med J* 1, 20–24. <https://doi.org/10.1136/bmj.1.5218.20>
- 69 Costandi, S.J., Azer, G., Eshraghi, Y., Zeyed, Y., Atalla, J.E., Looka, M.E., Mekhail, N.A., 2015. Cervical Transforaminal Epidural Steroid Injections: Diagnostic and Therapeutic Value. *Regional Anesthesia and Pain Medicine* 40, 674–680. <https://doi.org/10.1097/AAP.0000000000000323>
- 70 Craig, D.B., Habib, G.G., 1977. Flaccid paraparesis following obstetrical epidural anesthesia: possible role of benzyl alcohol. *Anesth Analg* 56, 219–221.
- 71 Croft, M., Sampson, M., Ngo, J., Thalluri, A., Voyvodic, F., 2020. The retrodural space of Okada and its relevance to CT guided intervention. *J Med Imaging Radiat Oncol* 64, 527–533. <https://doi.org/10.1111/1754-9485.13076>
- 72 Cuckler, J.M., Bernini, P.A., Wiesel, S.W., Booth, R.E., Rothman, R.H., Pickens, G.T., 1985. The use of epidural steroids in the treatment of lumbar radicular pain. A prospective, randomized, double-blind study. *J Bone Joint Surg Am* 67, 63–66.

- 73 Cucuzzella, T.R., Delpont, E.G., Kim, N., Marley, J., Pruitt, C., Delpont, A.G., 2006. A survey: conscious sedation with epidural and zygapophyseal injections: Is it necessary? *The Spine Journal* 6, 364–369. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2005.09.005>
- 74 Cui, X., Zhang, D., Zhao, Y., Song, Y., He, L., Zhang, J., 2022. An open-label non-inferiority randomized trial comparing the effectiveness and safety of ultrasound-guided selective cervical nerve root block and fluoroscopy-guided cervical transforaminal epidural block for cervical radiculopathy. *Annals of Medicine* 54, 2669–2679. <https://doi.org/10.1080/07853890.2022.2124445>
- 75 Datta, R., Upadhyay, K., 2011. A Randomized Clinical Trial of Three Different Steroid Agents for Treatment of Low Backache through the Caudal Route. *Medical Journal Armed Forces India* 67, 25–33. [https://doi.org/10.1016/S0377-1237\(11\)80007-9](https://doi.org/10.1016/S0377-1237(11)80007-9)
- 76 Datta, S., Manchikanti, L., Falco, F.J.E., Calodney, A.K., Atluri, S., Benyamin, R.M., Buenaventura, R.M., Cohen, S.P., 2013. Diagnostic utility of selective nerve root blocks in the diagnosis of lumbosacral radicular pain: systematic review and update of current evidence. *Pain Physician* 16, SE97-124.
- 77 Dawley, J.D., Moeller-Bertram, T., Wallace, M.S., Patel, P.M., 2009. Intra-Arterial Injection in the Rat Brain: Evaluation of Steroids Used for Transforaminal Epidurals. *Spine* 34, 1638–1643. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181ac0018>
- 78 DeFrancesch, F., O'Brien, D., Smith, C.C., 2018. Anesthetic Test Dose and Seizure Risk with Cervical Transforaminal Epidural Steroid Injection. *Pain Med* 19, 202–203. <https://doi.org/10.1093/pm/pnx170>
- 79 Delaney, F.T., MacMahon, P.J., 2023. An update on epidural steroid injections: is there still a role for particulate corticosteroids? *Skeletal Radiol* 52, 1863–1871. <https://doi.org/10.1007/s00256-022-04186-3>
- 80 Denis, I., Claveau, G., Filiatrault, M., Fugère, F., Fortin, L., 2015. Randomized Double-Blind Controlled Trial Comparing the Effectiveness of Lumbar Transforaminal Epidural Injections of Particulate and Nonparticulate Corticosteroids for Lumbosacral Radicular Pain. *Pain Med* 16, 1697–1708. <https://doi.org/10.1111/pme.12846>
- 81 Derby, R., Lee, S.-H., Date, E.S., Lee, J.-H., Lee, C.-H., 2008. Size and Aggregation of Corticosteroids Used for Epidural Injections. *Pain Med* 9, 227–234. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2007.00341.x>
- 82 Dermapharm, 2022. Fachinformation Volon A 40 [WWW Document]. URL <https://www.fachinfo.de/fi/pdf/003993> (accessed 8.26.24).
- 83 Desai, M.J., Shah, B., Sayal, P.K., 2011. Epidural Contrast Flow Patterns of Transforaminal Epidural Steroid Injections Stratified by Commonly Used Final Needle-Tip Position. *Pain Med* 12, 864–870. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2011.01119.x>
- 84 Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, 2019. S1-Leitlinie Prävention & Therapie der systemischen Lokalanästhetika-Intoxikation (LAST) [WWW Document]. URL https://register.awmf.org/assets/guidelines/001-044I_S1Praevention-Therapie-systemischen-Lokalanasthetika-Intoxikation-LAST_2020-01.pdf (accessed 10.7.24).

- 85 Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, 2020. S2k-Leitlinie Konservative, operative und rehabilitative Versorgung bei Bandscheibenvorfällen mit radikulärer Symptomatik [WWW Document]. URL <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/033-048> (accessed 1.23.24).
- 86 Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie, 2024. S2k-Leitlinie Spezifischer Kreuzschmerz [WWW Document]. URL <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/187-059> (accessed 1.23.24).
- 87 Devor, M., Wall, P.D., Catalan, N., 1992. Systemic lidocaine silences ectopic neuroma and DRG discharge without blocking nerve conduction. *Pain* 48, 261–268. [https://doi.org/10.1016/0304-3959\(92\)90067-L](https://doi.org/10.1016/0304-3959(92)90067-L)
- 88 Diehn, F.E., Geske, J.R., Amrami, K.K., Kaufmann, T.J., Morris, J.M., Murthy, N.S., Thielen, K.R., Wald, J.T., Shelerud, R.A., Carter, R.E., Maus, T.P., 2013. An Audit of Transforaminal Epidural Steroid Injections Without Sedation: Low Patient Dissatisfaction and Low Vasovagal Rates. *Pain Med* 14, 994–998. <https://doi.org/10.1111/pme.12092>
- 89 Diehn, F.E., Murthy, N.S., Maus, T.P., 2016. Science to Practice: What Causes Arterial Infarction in Transforaminal Epidural Steroid Injections, and Which Steroid Is Safest? *Radiology* 279, 657–659. <https://doi.org/10.1148/radiol.2016160171>
- 90 Dietrich, T.J., Peterson, C.K., Zeimpekis, K.G., Bensler, S., Sutter, R., Pfirmann, C.W.A., 2019. Fluoroscopy-guided versus CT-guided Lumbar Steroid Injections: Comparison of Radiation Exposure and Outcomes. *Radiology* 290, 752–759. <https://doi.org/10.1148/radiol.2018181224>
- 91 Dietrich, T.J., Sutter, R., Froehlich, J.M., Pfirmann, C.W.A., 2015. Particulate versus non-particulate steroids for lumbar transforaminal or interlaminar epidural steroid injections: an update. *Skeletal Radiol* 44, 149–155. <https://doi.org/10.1007/s00256-014-2048-6>
- 92 Dilke, T.F., Burry, H.C., Grahame, R., 1973. Extradural corticosteroid injection in management of lumbar nerve root compression. *Br Med J* 2, 635–637. <https://doi.org/10.1136/bmj.2.5867.635>
- 93 Dincer, U., Kiralp, M.Z., Cakar, E., Yasar, E., Dursan, H., 2007. Caudal epidural injection versus non-steroidal anti-inflammatory drugs in the treatment of low back pain accompanied with radicular pain. *Joint Bone Spine* 74, 467–471. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2006.09.016>
- 94 Dindivanam, M.K., Shankarlinga, S., Prashantkumar, 2023. Comparative Study between Selective Nerve Root Block vs Epidural Steroid Injection in Lumbar Disc Herniation - A Prospective Study. *Int J Acad Med Pharm* 5, 14–17. <https://doi.org/10.47009/jamp.2023.5.6.4>
- 95 Divya, G., Adarsh, U.T., 2024. Comparative study between caudal epidural steroid vs selective interlaminar steroid in chronic low back ache. *Journal of Cardiovascular Disease Research* 15, 1526–1539.
- 96 D’Orazio, F., Gregori, L.M., Gallucci, M., 2015. Spine epidural and sacroiliac joints injections – when and how to perform. *European Journal of Radiology* 84, 777–782. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2014.05.039>
- 97 Dreyfuss, P., Baker, R., Bogduk, N., 2006. Comparative Effectiveness of Cervical Transforaminal Injections with Particulate and Nonparticulate Corticosteroid Preparations for Cervical Radicular Pain. *Pain Med* 7, 237–242. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2006.00162.x>

- 98 Eckert, S., 2024. Die arzt haftungsrechtliche Seite des Off-Label-Use. *Die Wirbelsäule* 08, 171–175. <https://doi.org/10.1055/a-2235-7663>
- 99 Ehsanian, R., Kennedy, D.J., Schneider, B., 2019. Cervical Ultrasound Utilization in Selective Cervical Nerve Root Injection for the Treatment of Cervical Radicular Pain: a Review. *Curr Phys Med Rehabil Rep* 7, 386–396. <https://doi.org/10.1007/s40141-019-00248-1>
- 100 Ehsanian, R., Rosati, R.M., Kennedy, D.J., Schneider, B.J., 2020. Antiplatelet and Anticoagulant Risk for Select Spine Interventions: A Retrospective Cohort. *Pain Medicine* 21, 910–917. <https://doi.org/10.1093/pm/pnaa009>
- 101 Ehsanian, R., Schneider, B.J., Kennedy, D.J., Koshkin, E., 2021. Ultrasound-guided cervical selective nerve root injections: a narrative review of literature. *Reg Anesth Pain Med* 46, 416–421. <https://doi.org/10.1136/rapm-2020-102325>
- 102 Elashmawy, M.A., Shaat, R.M., Abdelkhalek, A.M., El Boghdady, E., 2020. Caudal epidural steroid injection ultrasound-guided versus fluoroscopy-guided in treatment of refractory lumbar disc prolapse with radiculopathy. *Egypt J Radiol Nucl Med* 51, 259. <https://doi.org/10.1186/s43055-020-00388-8>
- 103 Elsholtz, F., Kamp, J., Vahldiek, J., Hamm, B., Niehues, S., 2019. Periradicular Infiltration of the Cervical Spine: How New CT Scanner Techniques and Protocol Modifications Contribute to the Achievement of Low-Dose Interventions. *Fortschr Röntgenstr* 191, 54–61. <https://doi.org/10.1055/a-0632-3930>
- 104 El-Yahchouchi, C., Geske, J.R., Carter, R.E., Diehn, F.E., Wald, J.T., Murthy, N.S., Kaufmann, T.J., Thielen, K.R., Morris, J.M., Amrami, K.K., Maus, T.P., 2013. The Noninferiority of the Nonparticulate Steroid Dexamethasone vs the Particulate Steroids Betamethasone and Triamcinolone in Lumbar Transforaminal Epidural Steroid Injections. *Pain Med* 14, 1650–1657. <https://doi.org/10.1111/pme.12214>
- 105 El-Yahchouchi, C., Wald, J., Brault, J., Geske, J., Hagen, C., Murthy, N., Kaufmann, T., Thielen, K., Morris, J., Diehn, F., Amrami, K., Carter, R., Shelerud, R., Maus, T., 2014. Lumbar Transforaminal Epidural Steroid Injections: Does Immediate Post-Procedure Pain Response Predict Longer Term Effectiveness? *Pain Med* 15, 921–928. <https://doi.org/10.1111/pme.12347>
- 106 El-Yahchouchi, C.A., Plataras, C.T., Maus, T.P., Carr, C.M., McCormick, Z.L., Geske, J.R., Smuck, M., Pingree, M.J., Kennedy, D.J., 2016. Adverse Event Rates Associated with Transforaminal and Interlaminar Epidural Steroid Injections: A Multi-Institutional Study. *Pain Med* 17, 239–249. <https://doi.org/10.1111/pme.12896>
- 107 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, 918–921. <https://doi.org/10.1093/pm/pnz354>
- 108 Endres, S., Shufelt, A., Bogduk, N., 2017. The Risks of Continuing or Discontinuing Anticoagulants for Patients Undergoing Common Interventional Pain Procedures. *Pain Med* 18, 403–409. <https://doi.org/10.1093/pm/pnw108>
- 109 Engel, A., King, W., MacVicar, J., Standards Division of the International Spine Intervention Society, 2014. The effectiveness and risks of fluoroscopically guided cervical transforaminal

- injections of steroids: a systematic review with comprehensive analysis of the published data. *Pain Med* 15, 386–402. <https://doi.org/10.1111/pme.12304>
- 110 Engel, A., Rappard, G., King, W., Kennedy, D.J., Society, S.D. of the I.S.I., 2016. The Effectiveness and Risks of Fluoroscopically-Guided Cervical Medial Branch Thermal Radiofrequency Neurotomy: A Systematic Review with Comprehensive Analysis of the Published Data. *Pain medicine (Malden, Mass.)* 17, 658–669. <https://doi.org/10.1111/pme.12928> [doi]
- 111 Epstein, N., 2018. Major risks and complications of cervical epidural steroid injections: An updated review. *Surg Neurol Int* 9, 86. https://doi.org/10.4103/sni.sni_85_18
- 112 Evansa, I., Logina, I., Vanags, I., Borgeat, A., 2015. Ultrasound versus fluoroscopic-guided epidural steroid injections in patients with degenerative spinal diseases: A randomised study. *European Journal of Anaesthesiology* 32, 262–268. <https://doi.org/10.1097/EJA.000000000000103>
- 113 Eworuke, E., Crisafi, L., Liao, J., Akhtar, S., Van Clief, M., Racoosin, J.A., Wernecke, M., MaCurdy, T.E., Kelman, J.A., Graham, D.J., 2021. Risk of serious spinal adverse events associated with epidural corticosteroid injections in the Medicare population. *Reg Anesth Pain Med* 46, 203–209. <https://doi.org/10.1136/rapm-2020-101778>
- 114 Falsafi, M., Baghianimoghadam, B., Bahrami-Freiduni, M., Esmailnejad-Ganji, S.M., 2021. Examining the Accuracy of Ultrasound-Guided Lumbar Transforaminal Injection Controlled by Fluoroscopic Imaging in Patients with Lumbar Radiculopathy: A Modified Technique. *Turk Neurosurg* 31, 582–586. <https://doi.org/10.5137/1019-5149.JTN.32660-20.1>
- 115 Fang, Z., Yuan, C., Cheng, L., Yao, Q., Zhang, C., Wang, X., Guan, J., Jian, F., 2022. Comparison of Clinical Efficacy of Epidural Injection With or Without Steroids in the Treatment of Degenerative Disc Disease: Meta-analysis. *Pain Physician* 25, 145–160.
- 116 Farpour, H.R., Pirzad, R., Ahmed, F., Reza Askarpour, M., Nikbakht, H.-A., 2021. Efficacy of caudal epidural injection of steroid versus steroid and calcitonin in patients with lumbosacral spinal stenosis: A randomized clinical trial. *Journal of Emergency Medicine, Trauma and Acute Care* 2021. <https://doi.org/10.5339/jemtac.2021.7>
- 117 Fathy, W., Hussein, M., Ibrahim, R.E., Abdel-Aziz, M.M., Adel, S., Soliman, S.H., Elmoutaz, H., Abdelkader, M., 2022. Comparative effect of transforaminal injection of Magnesium sulphate versus Ozone on oxidative stress biomarkers in lumbar disc related radicular pain. *BMC Anesthesiol* 22, 254. <https://doi.org/10.1186/s12871-022-01789-0>
- 118 Feeley, I.H., Healy, E.F., Noel, J., Kiely, P.J., Murphy, T.M., 2017. Particulate and non-particulate steroids in spinal epidurals: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J* 26, 336–344. <https://doi.org/10.1007/s00586-016-4437-0>
- 119 Fenster, A.J., 2016. The Safety of CT-Guided Epidural Steroid Injections in an Older Patient Cohort. *Pain Phys* 8;19, E1139–E1146. <https://doi.org/10.36076/ppj/2016.19.E1139>
- 120 Freeman, B.J.C., Ludbrook, G.L., Hall, S., Cousins, M., Mitchell, B., Jaros, M., Wyand, M., Gorman, J.R., 2013. Randomized, Double-blind, Placebo-Controlled, Trial of Transforaminal Epidural Etanercept for the Treatment of Symptomatic Lumbar Disc Herniation: *Spine* 38, 1986–1994. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000435140.61593.4c>

- 121 Friedly, J.L., Comstock, B.A., Turner, J.A., Heagerty, P.J., Deyo, R.A., Bauer, Z., Avins, A.L., Nedeljkovic, S.S., Nerenz, D.R., Shi, X. (Rita), Annaswamy, T., Standaert, C.J., Smuck, M., Kennedy, D.J., Akuthota, V., Sibell, D., Wasan, A.D., Diehn, F., Suri, P., Rundell, S.D., Kessler, L., Chen, A.S., Jarvik, J.G., 2017. Long-Term Effects of Repeated Injections of Local Anesthetic With or Without Corticosteroid for Lumbar Spinal Stenosis: A Randomized Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 98, 1499-1507.e2. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.02.029>
- 122 Friedly, J.L., Comstock, B.A., Turner, J.A., Heagerty, P.J., Deyo, R.A., Sullivan, S.D., Bauer, Z., Bresnahan, B.W., Avins, A.L., Nedeljkovic, S.S., Nerenz, D.R., Standaert, C., Kessler, L., Akuthota, V., Annaswamy, T., Chen, A., Diehn, F., Firtch, W., Gerges, F.J., Gilligan, C., Goldberg, H., Kennedy, D.J., Mandel, S., Tyburski, M., Sanders, W., Sibell, D., Smuck, M., Wasan, A., Won, L., Jarvik, J.G., 2014. A Randomized Trial of Epidural Glucocorticoid Injections for Spinal Stenosis. *N Engl J Med* 371, 11–21. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1313265>
- 123 Fukusaki, M., Kobayashi, I., Hara, T., Sumikawa, K., 1998. Symptoms of spinal stenosis do not improve after epidural steroid injection. *Clin J Pain* 14, 148–151. <https://doi.org/10.1097/00002508-199806000-00010>
- 124 Furman, M.B., Bernstein, J., Gilhool, L., Bednarek, C., Caplan, H., Kurup, A., Schneider, B.J., 2023. Epidural hematoma risks associated with ceasing vs maintaining anticoagulant and/or antiplatelet medications for cervical and thoracic interlaminar epidural steroid injections. *Interventional Pain Medicine* 2, 100277. <https://doi.org/10.1016/j.inpm.2023.100277>
- 125 Furman, M.B., Giovanniello, M.T., O'Brien, E.M., 2003. Incidence of intravascular penetration in transforaminal cervical epidural steroid injections. *Spine (Phila Pa 1976)* 28, 21–25. <https://doi.org/10.1097/00007632-200301010-00007>
- 126 Furman, M.B., O'Brien, E.M., Zgleszewski, T.M., 2000. Incidence of intravascular penetration in transforaminal lumbosacral epidural steroid injections. *Spine (Phila Pa 1976)* 25, 2628–2632. <https://doi.org/10.1097/00007632-200010150-00014>
- 127 Galley, H.F., Adam, R., Columb, M.O., Onyeakazi, U.M., Kanakarajan, S., 2023. Supraneural versus Infraneural Approach to transforaminal Epidural Steroid injection for unilateral lumbosacral radicular pain (SIAMESE): a study protocol for a randomised non-inferiority trial. *BJA Open* 5, 100126. <https://doi.org/10.1016/j.bjao.2023.100126>
- 128 Genç Perdecioğlu, G.R., Yıldız, G., Akkaya, Ö.T., Can, E., Yürük, D., 2023. Parasagittal Interlaminar and Transforaminal Epidural Steroid Injections for Radicular Low Back Pain; Which is More Comfortable? *TJAR* 51, 504–509. <https://doi.org/10.4274/TJAR.2023.231470>
- 129 Ghahreman, A., Bogduk, N., 2011. Predictors of a Favorable Response to Transforaminal Injection of Steroids in Patients with Lumbar Radicular Pain due to Disc Herniation. *Pain Med* 12, 871–879. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2011.01116.x>
- 130 Ghahreman, A., Ferch, R., Bogduk, N., 2010. The Efficacy of Transforaminal Injection of Steroids for the Treatment of Lumbar Radicular Pain. *Pain Med* 11, 1149–1168. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2010.00908.x>
- 131 Ghai, B., 2020. Contrast Medium Volume Needed to Reach Anterior Epidural Space via the Kambin Triangle or Subpedicular Approach for Transforaminal Epidural Injection. *Pain Phys* 4;23, 383–391. <https://doi.org/10.36076/ppj.2020/23/383>

- 132 Ghai, B., Bansal, D., Kay, J.P., Vadaje, K.S., Wig, J., 2014. Transforaminal versus parasagittal interlaminar epidural steroid injection in low back pain with radicular pain: a randomized, double-blind, active-control trial. *Pain Physician* 17, 277–290.
- 133 Ghai, B., Kumar, K., Bansal, D., Dhatt, S.S., Kanukula, R., Batra, Y.K., 2015. Effectiveness of Parasagittal Interlaminar Epidural Local Anesthetic with or without Steroid in Chronic Lumbosacral Pain: A Randomized, Double-Blind Clinical Trial. *Pain Physician* 18, 237–248.
- 134 Ghai, B., Vadaje, K.S., Wig, J., Dhillon, M.S., 2013. Lateral Parasagittal Versus Midline Interlaminar Lumbar Epidural Steroid Injection for Management of Low Back Pain with Lumbosacral Radicular Pain: A Double-Blind, Randomized Study. *Anesthesia & Analgesia* 117, 219–227. <https://doi.org/10.1213/ANE.0b013e3182910a15>
- 135 Gharibo, C.G., Fakhry, M., Diwan, S., Kaye, A.D., 2016. Conus Medullaris Infarction After a Right L4 Transforaminal Epidural Steroid Injection Using Dexamethasone. *Pain Physician* 19, E1211–E1214.
- 136 Gharibo, C.G., Varlotta, G.P., Rhame, E.E., Liu, E.-C.J., Bendo, J.A., Perloff, M.D., 2011. Interlaminar versus transforaminal epidural steroids for the treatment of subacute lumbar radicular pain: a randomized, blinded, prospective outcome study. *Pain Physician* 14, 499–511.
- 137 Gill, J., Simopoulos, T., Orhurhu, V., Nagda, J., Aner, M., 2020. Lumbar Epidural Contrast Spread Patterns for the Interlaminar Approach: Three-Dimensional Analysis Using Antero-Posterior, Lateral, and Contralateral Oblique Views. *Pain Medicine* 21, 747–756. <https://doi.org/10.1093/pm/pnz256>
- 138 Gill, J.S., Aner, M., Jyotsna, N., Keel, J.C., Simopoulos, T.T., 2015. Contralateral Oblique View is Superior to Lateral View for Interlaminar Cervical and Cervicothoracic Epidural Access. *Pain Med* 16, 68–80. <https://doi.org/10.1111/pme.12557>
- 139 Godek, P., Szczepanowska-Wolowiec, B., Golicki, D., 2023. Comparison of Analgesic Efficacy between Epidural and Perineural Administration of Autologous Conditioned Serum in the Conservative Treatment of Low Back Pain Due to Lumbar Degenerative Disc Disease: A Randomized, Open-Label, Controlled Clinical Trial. *Brain Sciences* 13, 749. <https://doi.org/10.3390/brainsci13050749>
- 140 Godek, P., Szczepanowska-Wolowiec, B., Golicki, D., 2022. GOLDIC therapy in degenerative lumbar spinal stenosis: randomized, controlled trial. *Regenerative Medicine* 17, 709–718. <https://doi.org/10.2217/rme-2022-0047>
- 141 Gofeld, M., Bristow, S.J., Chiu, S.C., McQueen, C.K., Bollag, L., 2012. Ultrasound-Guided Lumbar Transforaminal Injections: Feasibility and Validation Study. *Spine* 37, 808–812. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3182340096>
- 142 Goodman, B.S., House, L.M., Vallabhaneni, S., Mallempati, S., Willey, M.R., Smith, M.T., 2017. Anticoagulant and Antiplatelet Management for Spinal Procedures: A Prospective, Descriptive Study and Interpretation of Guidelines. *Pain Med* 18, 1218–1224. <https://doi.org/10.1093/pm/pnw227>

- 143 Hagihara, Y., Ogata, S., Hirayama, H., Koyama, T., Watanabe, E., 2009. Why use steroids in lumbar selective nerve root block? – A randomized control study. *Chiba Medical Journal* 85, 71–76.
- 144 Hammerich, A., Whitman, J., Mintken, P., Denninger, T., Akuthota, V., Sawyer, E.E., Hofmann, M., Childs, J.D., Cleland, J., 2019. Effectiveness of Physical Therapy Combined With Epidural Steroid Injection for Individuals With Lumbar Spinal Stenosis: A Randomized Parallel-Group Trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 100, 797–810. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.12.035>
- 145 Hashemi, M., Dadkhah, P., Taheri, M., Dehghan, K., Valizadeh, R., 2019a. Cervical Epidural Steroid Injection: Parasagittal versus Midline Approach in Patients with Unilateral Cervical Radicular Pain; A Randomized Clinical Trial. *BEAT* 7, 137–143. <https://doi.org/10.29252/beat-070208>
- 146 Hashemi, M., Dadkhah, P., Taheri, M., Haji, S.M., Abootorabi, S., Naderi-nabi, B., 2019b. Ultrasound-Guided Lumbar Transforaminal Epidural Injections; A Single Center Fluoroscopic Validation Study. *BEAT* 7, 251–255. <https://doi.org/10.29252/beat-070307>
- 147 Hashemi, M., Khoshooei, A., Amanollahi, A., Asgari, S., 2023. Comparative Evaluation of Caudal Epidural Method to Ultrasound-Guided S1 Transforamen Block in Patient’s Lumbar Discectomy with Failed Back Syndrome Symptoms: A Double-Blind Clinical Trial. *Anesth Pain Med* 13. <https://doi.org/10.5812/aapm-137325>
- 148 Hazra, A., Bhattacharya, D., Mukherjee, S., Ghosh, S., Mitra, M., Mandal, M., 2016. Ultrasound versus fluoroscopy-guided caudal epidural steroid injection for the treatment of chronic low back pain with radiculopathy: A randomised, controlled clinical trial. *Indian J Anaesth* 60, 388. <https://doi.org/10.4103/0019-5049.183391>
- 149 Helliwell, M., Robertson, J.C., Ellis, R.M., 1985. Outpatient Treatment of Low Back Pain and Sciatica by a Single Extradural Corticosteroid Injection. *Int J Clinical Practice* 39, 228–231. <https://doi.org/10.1111/j.1742-1241.1985.tb07823.x>
- 150 Helm, S., Harmon, P.C., Noe, C., Calodney, A.K., Abd-Elsayed, A., Knezevic, N.N., Racz, G.B., 2021. Transforaminal Epidural Steroid Injections: A Systematic Review and Meta-Analysis of Efficacy and Safety. *Pain Physician* 24, S209–S232.
- 151 Hetherington, N.J., Dooley, M.J., 2000. Potential for patient harm from intrathecal administration of preserved solutions. *Medical Journal of Australia* 173, 141–143. <https://doi.org/10.5694/j.1326-5377.2000.tb125570.x>
- 152 Hoang, J.K., Yoshizumi, T.T., Toncheva, G., Gray, L., Gafton, A.R., Huh, B.K., Eastwood, J.D., Lascola, C.D., Hurwitz, L.M., 2011. Radiation Dose Exposure for Lumbar Spine Epidural Steroid Injections: A Comparison of Conventional Fluoroscopy Data and CT Fluoroscopy Techniques. *American Journal of Roentgenology* 197, 778–782. <https://doi.org/10.2214/AJR.10.6102>
- 153 Holder, E.K., Lee, H., Raghunandan, A., Marshall, B., Michalik, A., Nguyen, M., Saffarian, M., Schneider, B.J., Smith, C.C., Tiegs-Heiden, C.A., Zheng, P., Patel, J., Levi, D., International Pain and Spine Intervention Society’s Patient Safety Committee, 2024. FactFinders for Patient Safety: Minimizing risks with cervical epidural injections. *Interv Pain Med* 3, 100430. <https://doi.org/10.1016/j.inpm.2024.100430>

- 154 Hooten, W.M., Kinney, M.O., Huntoon, M.A., 2004. Epidural Abscess and Meningitis After Epidural Corticosteroid Injection. *Mayo Clinic Proceedings* 79, 682–686. <https://doi.org/10.4065/79.5.682>
- 155 Houten, J.K., Errico, T.J., 2002. Paraplegia after lumbosacral nerve root block: report of three cases. *Spine J* 2, 70–75. [https://doi.org/10.1016/s1529-9430\(01\)00159-0](https://doi.org/10.1016/s1529-9430(01)00159-0)
- 156 Huntoon, M.A., 2005. Anatomy of the cervical intervertebral foramina: vulnerable arteries and ischemic neurologic injuries after transforaminal epidural injections. *Pain* 117, 104–111. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2005.05.030>
- 157 Huston, C.W., 2009. Cervical epidural steroid injections in the management of cervical radiculitis: interlaminar versus transforaminal. A review. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2, 30–42. <https://doi.org/10.1007/s12178-008-9041-4>
- 158 Huynh, L., Smuck, M., 2015. Ideal Cervical Epidural Injection Route: Interlaminar or Transforaminal. *Curr Phys Med Rehabil Rep* 3, 142–150. <https://doi.org/10.1007/s40141-015-0084-3>
- 159 Hwang, H., Park, J., Lee, W.K., Lee, W.H., Leigh, J.-H., Lee, J.J., Chung, S.G., Lim, C., Park, S.J., Kim, K., 2016. Crystallization of Local Anesthetics When Mixed With Corticosteroid Solutions. *Ann Rehabil Med* 40, 21. <https://doi.org/10.5535/arm.2016.40.1.21>
- 160 Institute for Clinical Systems Improvement, 2018. Health Care Guideline Adult Acute and Subacute Low Back Pain. Sixteenth Edition.
- 161 IPSIS, 2021. Safety Practices for Interventional Pain Procedures.
- 162 Iversen, T., Solberg, T.K., Romner, B., Wilsgaard, T., Twisk, J., Anke, A., Nygaard, O., Hasvold, T., Ingebrigtsen, T., 2011. Effect of caudal epidural steroid or saline injection in chronic lumbar radiculopathy: multicentre, blinded, randomised controlled trial. *BMJ* 343, d5278–d5278. <https://doi.org/10.1136/bmj.d5278>
- 163 Jang, J.H., Lee, W.Y., Kim, J.W., Cho, K.R., Nam, S.H., Park, Y., 2020. Ultrasound-Guided Selective Nerve Root Block versus Fluoroscopy-Guided Interlaminar Epidural Block versus Fluoroscopy-Guided Transforaminal Epidural Block for the Treatment of Radicular Pain in the Lower Cervical Spine: A Retrospective Comparative Study. *Pain Research and Management* 2020, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2020/9103421>
- 164 Jayaseeli, P., Suganthi, S., Devendran, R., 2023. Comparison of Functional Outcome and Pain Relief of Epidural Triamcinolone vs Conservative Management for Lumbar Disc disease. *Int J Acad Med Pharm* 5, 1014–1018. <https://doi.org/10.47009/jamp.2023.5.5.199>
- 165 Jee, H., Lee, J.H., Kim, J., Park, K.D., Lee, W.Y., Park, Y., 2013. Ultrasound-guided selective nerve root block versus fluoroscopy-guided transforaminal block for the treatment of radicular pain in the lower cervical spine: A randomized, blinded, controlled study. *Skeletal Radiol* 42, 69–78. <https://doi.org/10.1007/s00256-012-1434-1>
- 166 Jeon, Y., Kim, S., 2018. Detection of Intravascular Injection During Cervical Transforaminal Epidural Injection: A Comparison of Digital Subtraction Angiography and Real Time Fluoroscopy. *Pain Physician* 21, E181–E186.

- 167 Jeong, H.S., Lee, J.W., Kim, S.H., Myung, J.S., Kim, J.H., Kang, H.S., 2007. Effectiveness of Transforaminal Epidural Steroid Injection by Using a Preganglionic Approach: A Prospective Randomized Controlled Study. *Radiology* 245, 584–590. <https://doi.org/10.1148/radiol.2452062007>
- 168 Jin, H.S., Bae, G.H., Choi, E.J., Lee, J.W., Lee, P.B., 2022. Comparison of Effect and Contrast Spreading in Transforaminal Epidural Injection Using the Retrodiscal Versus Subpedicular Approach: A Prospective, Randomized Trial. *Pain Physician* 25, E1379–E1388.
- 169 Jonas, W.B., Crawford, C., Colloca, L., Kaptchuk, T.J., Moseley, B., Miller, F.G., Kriston, L., Linde, K., Meissner, K., 2015. To what extent are surgery and invasive procedures effective beyond a placebo response? A systematic review with meta-analysis of randomised, sham controlled trials. *BMJ Open* 5, e009655. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-009655>
- 170 Joswig, H., Neff, A., Ruppert, C., Hildebrandt, G., Stienen, M.N., 2018. Repeat epidural steroid injections for radicular pain due to lumbar or cervical disc herniation: What Happens After ‘Salvage Treatment’? *The Bone & Joint Journal* 100-B, 1364–1371. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.100B10.BJJ-2018-0461.R1>
- 171 Kamble, P.C., Sharma, A., Singh, V., Natraj, B., Devani, D., Khapane, V., 2016. Outcome of single level disc prolapse treated with transforaminal steroid versus epidural steroid versus caudal steroids. *Eur Spine J* 25, 217–221. <https://doi.org/10.1007/s00586-015-3996-9>
- 172 Kamp, J.P.M., Bartlett, J., Fahmy, A., To, K., Hossain, R., Akula, M., 2022. CT-guided vs. fluoroscopically guided transforaminal epidural steroid injections for lumbar radiculopathy: a comparison of efficacy, safety and cost. *Arch Orthop Trauma Surg* 143, 2355–2361. <https://doi.org/10.1007/s00402-022-04436-y>
- 173 Kang, S.-S., Hwang, B.-M., Son, H., Cheong, I.-Y., Lee, S.-J., Chung, T.-Y., 2012. Changes in bone mineral density in postmenopausal women treated with epidural steroid injections for lower back pain. *Pain Physician* 15, 229–236.
- 174 Kang, S.-S., Hwang, B.-M., Son, H.-J., Cheong, I.-Y., Lee, S.-J., Lee, S.-H., Chung, T.-Y., 2011. The dosages of corticosteroid in transforaminal epidural steroid injections for lumbar radicular pain due to a herniated disc. *Pain Physician* 14, 361–370.
- 175 Kao, S.-C., Lin, C.-S., 2017. Caudal Epidural Block: An Updated Review of Anatomy and Techniques. *Biomed Res Int* 2017, 9217145. <https://doi.org/10.1155/2017/9217145>
- 176 Karamnov, S., Sarkisian, N., Grammer, R., Gross, W.L., Urman, R.D., 2017. Analysis of Adverse Events Associated With Adult Moderate Procedural Sedation Outside the Operating Room. *J Patient Saf* 13, 111–121. <https://doi.org/10.1097/PTS.000000000000135>
- 177 Karasek, M., Bogduk, N., 2004. Temporary Neurologic Deficit After Cervical Transforaminal Injection of Local Anesthetic. *Pain Med* 5, 202–205. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2004.04028.x>
- 178 Karppinen, J., Malmivaara, A., Kurunlahti, M., Kyllönen, E., Pienimäki, T., Nieminen, P., Ohinmaa, A., Tervonen, O., Vanharanta, H., 2001a. Periradicular Infiltration for Sciatica: A Randomized Controlled Trial. *Spine* 26, 1059–1067. <https://doi.org/10.1097/00007632-200105010-00015>

- 179 Karppinen, J., Ohinmaa, A., Malmivaara, A., Kurunlahti, M., Kyllönen, E., Pienimäki, T., Nieminen, P., Tervonen, O., Vanharanta, H., 2001b. Cost Effectiveness of Periradicular Infiltration for Sciatica: Subgroup Analysis of a Randomized Controlled Trial. *Spine* 26, 2587–2595. <https://doi.org/10.1097/00007632-200112010-00013>
- 180 Kassenärztliche Bundesvereinigung, 2024. Einheitlicher Bewertungsmaßstab (EBM) [WWW Document]. URL https://www.kbv.de/media/sp/EBM_Gesamt_-_Stand_4._Quartal_2024.pdf (accessed 10.31.24).
- 181 Kassenärztliche Bundesvereinigung, 2014. Einsatz von Kortikoiden bei wirbelsäulennahen Injektionen: Erweiterung der Indikation bei Volon A 40 Kristallsuspension 1 ml und 5 ml. Information der KBV 211.
- 182 Kassenärztliche Bundesvereinigung, 2013. Einsatz von Kortikoiden bei wirbelsäulennahen Injektionen – Auffassung der KBV. Information der KBV 89.
- 183 Kaye, A.D., Jones, M.R., Viswanath, O., Candido, K.D., Boswell, M.V., Soin, A., Sanapati, M., Harned, M.E., Simopoulos, T.T., Diwan, S., Albers, S.L., Datta, S., Falco, F.J., Manchikanti, L., 2019a. ASIPP Guidelines for Sedation and Fasting Status of Patients Undergoing Interventional Pain Management Procedures. *Pain Physician* 22, 201–207.
- 184 Kaye, A.D., Manchikanti, L., Novitch, M.B., Mungrue, I.N., Anwar, M., Jones, M.R., Helander, E.M., Cornett, E.M., Eng, M.R., Grider, J.S., Harned, M.E., Benyamin, R.M., Swicegood, J.R., Simopoulos, T.T., Abdi, S., Urman, R.D., Deer, T.R., Bakhit, C., Sanapati, M., Atluri, S., Pasupuleti, R., Soin, A., Diwan, S., Vallejo, R., Candido, K.D., Knezevic, N.N., Beall, D., Albers, S.L., Latchaw, R.E., Prabhakar, H., Hirsch, J.A., 2019b. Responsible, Safe, and Effective Use of Antithrombotics and Anticoagulants in Patients Undergoing Interventional Techniques: American Society of Interventional Pain Physicians (ASIPP) Guidelines. *Pain Physician* 22, S75–S128.
- 185 Kennedy, D.J., Dreyfuss, P., Aprill, C.N., Bogduk, N., 2009. Paraplegia Following Image-Guided Transforaminal Lumbar Spine Epidural Steroid Injection: Two Case Reports. *Pain Med* 10, 1389–1394. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2009.00728.x>
- 186 Kennedy, D.J., Plastaras, C., Casey, E., Visco, C.J., Rittenberg, J.D., Conrad, B., Sigler, J., Dreyfuss, P., 2014. Comparative Effectiveness of Lumbar Transforaminal Epidural Steroid Injections with Particulate Versus Nonparticulate Corticosteroids for Lumbar Radicular Pain due to Intervertebral Disc Herniation: A Prospective, Randomized, Double-Blind Trial. *Pain Med* 15, 548–555. <https://doi.org/10.1111/pme.12325>
- 187 Kennedy, D.J., Schneider, B., Casey, E., Rittenberg, J., Conrad, B., Smuck, M., Plastaras, C.T., 2013. Vasovagal Rates in Fluoroscopically Guided Interventional Procedures: A Study of Over 8,000 Injections. *Pain Med* 14, 1854–1859. <https://doi.org/10.1111/pme.12241>
- 188 Kennedy, D.J., Schneider, B., Smuck, M., Plastaras, C.T., 2015. The Use of Moderate Sedation for the Secondary Prevention of Adverse Vasovagal Reactions. *Pain Med* 16, 673–679. <https://doi.org/10.1111/pme.12632>
- 189 Kerezoudis, P., Rinaldo, L., Alvi, M.A., Hunt, C.L., Qu, W., Maus, T.P., Bydon, M., 2018. The Effect of Epidural Steroid Injections on Bone Mineral Density and Vertebral Fracture Risk: A Systematic Review and Critical Appraisal of Current Literature. *Pain Medicine* 19, 569–579. <https://doi.org/10.1093/pm/pnx324>

- 190 Kesilmez, E.C., Yüksel, K.Z., Bozan, A.A., Yavuz, C., 2023. Effectiveness of ultrasonography-guided caudal epidural steroid injection compared to the fluoroscopic application. *Turkish Journal of Medical Sciences* 53, 721–730. <https://doi.org/10.55730/1300-0144.5635>
- 191 Key, B.M., Tutton, S.M., Scheidt, M.J., 2023. Cone-Beam CT With Enhanced Needle Guidance and Augmented Fluoroscopy Overlay: Applications in Interventional Radiology. *American Journal of Roentgenology* 221, 92–101. <https://doi.org/10.2214/AJR.22.28712>
- 192 Khoshnazar, S.S., Farpour, H.R., Shahriarirad, R., 2023. A comparison between effectiveness of gluteal trigger point and epidural steroid injection in lumbosacral canal stenosis patients: a randomized clinical trial. *British Journal of Neurosurgery* 37, 1117–1123. <https://doi.org/10.1080/02688697.2022.2033698>
- 193 Kim, D., Brown, J., 2011. Efficacy and safety of lumbar epidural dexamethasone versus methylprednisolone in the treatment of lumbar radiculopathy: a comparison of soluble versus particulate steroids. *Clin J Pain* 27, 518–522. <https://doi.org/10.1097/AJP.0b013e31820c53e0>
- 194 Kim, E.D., Roh, M.S., Park, J.J., Jo, D., 2016. Comparison of the Ventral Epidural Spreading in Modified Interlaminar Approach and Transforaminal Approach: A Randomized, Double-Blind Study. *Pain Med* 17, 1620–1627. <https://doi.org/10.1093/pm/pnv094>
- 195 Kim, K., Shin, K.-M., Hunt, C.L., Wang, Z., Bauer, B.A., Kwon, O., Lee, J.-H., Seo, B.-N., Jung, S.-Y., Youn, Y., Lee, S.H., Choi, J.C., Jung, J.E., Kim, J., Qu, W., Kim, T.-H., Eldrige, J.S., 2019. Nonsurgical integrative inpatient treatments for symptomatic lumbar spinal stenosis: a multi-arm randomized controlled pilot trial. *JPR Volume* 12, 1103–1113. <https://doi.org/10.2147/JPR.S173178>
- 196 Kim, N., Delport, E., Cucuzzella, T., Marley, J., Pruitt, C., 2007. Is Sedation Indicated Before Spinal Injections?: *Spine* 32, E748–E752. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31815b7e9f>
- 197 Kim, S., Hwang, B., 2014. Relationship between Bone Mineral Density and the Frequent Administration of Epidural Steroid Injections in Postmenopausal Women with Low Back Pain. *Pain Research and Management* 19, 30–34. <https://doi.org/10.1155/2014/870145>
- 198 Kim, S.J., Park, J.M., Kim, Y.W., Yoon, S.Y., Lee, S.C., 2024. Comparison of Particulate Steroid Injection vs Nonparticulate Steroid Injection for Lumbar Radicular Pain: A Systematic Review and Meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* S0003999324000340. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2024.01.002>
- 199 Kim, W.-J., Shin, H.-Y., Yoo, S.H., Park, H.S., 2018. Comparison of Epidural Spreading Patterns and Clinical Outcomes of Transforaminal Epidural Steroid Injection with High-Volume Injectate via the Subpedicular Versus the Retrodiscal Approach. *Pain Physician* 21, 269–278.
- 200 Kim, Y.J., Kim, Y.-D., Kim, H., Ahn, D.J., Kim, H.-J., Koh, W.U., Ro, Y.-J., 2022. Interaction between Dexamethasone, Ropivacaine, and Contrast Media Used in Interventional Pain Treatment: Considerations in Safety. *Medicina* 58, 1871. <https://doi.org/10.3390/medicina58121871>
- 201 Klenerman, L., Greenwood, R., Davenport, H.T., White, D.C., Peskett, S., 1984. Lumbar Epidural Injections in the Treatment of Sciatica. *Rheumatology* 23, 35–38. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/23.1.35>

- 202 Klessinger, S., 2013. Diagnostic Value of Transforaminal Injections of Steroids in Recurrent Disc Herniations. *J Spine Neurosurg* 02. <https://doi.org/10.4172/2325-9701.1000110>
- 203 Klessinger, S., Legat, M., Schneider, M. (Eds.), 2024. *Interventionelle Schmerztherapie der Wirbelsäule*, 2nd ed. De Gruyter, Boston.
- 204 Knezevic, N.N., Paredes, S., Cantillo, S., Hamid, A., Candido, K.D., 2021. Parasagittal Approach of Epidural Steroid Injection as a Treatment for Chronic Low Back Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front. Pain Res.* 2, 676730. <https://doi.org/10.3389/fpain.2021.676730>
- 205 Koc, Z., Ozcakir, S., Sivrioglu, K., Gurbet, A., Kucukoglu, S., 2009. Effectiveness of Physical Therapy and Epidural Steroid Injections in Lumbar Spinal Stenosis: *Spine* 34, 985–989. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31819c0a6b>
- 206 Koh, W.U., Choi, S.S., Park, S.Y., Joo, E.Y., Kim, S.H., Lee, J.D., Shin, J.Y., Suh, J.H., Leem, J.G., Shin, J.-W., 2013. Transforaminal hypertonic saline for the treatment of lumbar lateral canal stenosis: a double-blinded, randomized, active-control trial. *Pain Physician* 16, 197–211.
- 207 Kolsi, I., Delecrin, J., Berthelot, J.M., Thomas, L., Prost, A., Maugars, Y., 2000. Efficacy of nerve root versus interspinous injections of glucocorticoids in the treatment of disk-related sciatica. A pilot, prospective, randomized, double-blind study. *Joint Bone Spine* 67, 113–118.
- 208 Kozody, R., Ready, L.B., Barsa, J.E., Murphy, T.M., 1982. Dose requirement of local anaesthetic to produce grand mal seizure during stellate ganglion block. *Canad. Anaesth. Soc. J.* 29, 489–491. <https://doi.org/10.1007/BF03009415>
- 209 Krämer, J., Blettner, M., Hammer, G.P., 2008. Image-Guided Injection Therapy in the Lumbar Spine. *Deutsches Ärzteblatt international*. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2008.0596>
- 210 Kranz, P.G., Amrhein, T.J., Gray, L., 2015. Incidence of Inadvertent Intravascular Injection during CT Fluoroscopy-Guided Epidural Steroid Injections. *AJNR Am J Neuroradiol* 36, 1000–1007. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A4219>
- 211 Kumar, A., Malhotra, N., Aditi, Jyotsna, Anshul, Gupta, D., 2022. Comparative evaluation of midline versus parasagittal interlaminar epidural steroid injection for management of symptomatic lumbar intervertebral disc herniation. *Indian J Anaesth* 66, 314. https://doi.org/10.4103/ija.ija_349_22
- 212 Kumar, D., Shetty, M., Bhandary, B., S., M., 2023. A study of efficacy between interlaminar vs transforaminal approaches in symptomatic intervertebral disc herniations when treated with triamcinolone acetate. *Biomedicine* 43, 1274–1280. <https://doi.org/10.51248/.v43i4.2482>
- 213 KVBW, 2021. Arzneimittelverordnung im Off-Label-Use: Was ist zu beachten? *Verordnungsforum* 56, 21–27.
- 214 Kwak, S.G., Choo, Y.J., Kwak, S., Chang, M.C., 2023. Effectiveness of Transforaminal, Interlaminar, and Caudal Epidural Injections in Lumbosacral Disc Herniation: A Systematic Review and Network Meta-analysis. *Pain Physician* 26, 113–123.
- 215 Laemmel, E., Segal, N., Mirshahi, M., Azzazene, D., Le Marchand, S., Wybier, M., Vicaut, E., Laredo, J.-D., 2016. Deleterious Effects of Intra-arterial Administration of Particulate Steroids on

- Microvascular Perfusion in a Mouse Model. *Radiology* 279, 731–740. <https://doi.org/10.1148/radiol.2015142746>
- 216 Laiq, N., Khan, M.N., Iqbal, M.J., Khan, S., 2009. Comparison of Epidural Steroid Injections with conservative management in patients with lumbar radiculopathy. *J Coll Physicians Surg Pak* 19, 539–543.
- 217 Landers, M.H., Dreyfuss, P., Bogduk, N., 2012. On the Geometry of Fluoroscopy Views for Cervical Interlaminar Epidural Injections. *Pain Med* 13, 58–65. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2011.01291.x>
- 218 Laredo, J.-D., Wybier, M., Laemmel, E., Mirshahi, M., 2023. Intra-arterial injection of particulate corticosteroids: mechanism of injury. *Skeletal Radiol* 52, 1887–1892. <https://doi.org/10.1007/s00256-022-04273-5>
- 219 Lee, D.Y., Park, Y., Song, J.H., Ahn, J., Cho, K.H., Kim, S., 2024. Combined Ultrasound and Fluoroscopy versus Ultrasound versus Fluoroscopy-Guided Caudal Epidural Steroid Injection for the Treatment of Unilateral Lower Lumbar Radicular Pain: A Retrospective Comparative Study. *Medicina* 60, 809. <https://doi.org/10.3390/medicina60050809>
- 220 Lee, E., Lee, J.W., Kang, H.S., 2023. Interlaminar versus transforaminal epidural steroid injections: a review of efficacy and safety. *Skeletal Radiol* 52, 1825–1840. <https://doi.org/10.1007/s00256-022-04124-3>
- 221 Lee, G.Y., Lee, J.W., Lee, E., Yeom, J.S., Kim, K.-J., Shin, H.-I., Kang, H.S., 2022. Evaluation of the efficacy and safety of epidural steroid injection using a nonparticulate steroid, dexamethasone or betamethasone: a double-blind, randomized, crossover, clinical trial. *Korean J Pain* 35, 336–344. <https://doi.org/10.3344/kjp.2022.35.3.336>
- 222 Lee, J.H., 2018a. Comparison of Clinical Efficacy Between Transforaminal and Interlaminar Epidural Injections in Lumbosacral Disc Herniation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pain Phys* 1, 433–447. <https://doi.org/10.36076/ppj.2018.5.433>
- 223 Lee, J.H., 2018b. Comparison of Clinical Efficacy of Epidural Injection With or Without Steroid in Lumbosacral Disc Herniation: A Systematic Review and Meta-analysis. *Pain Phys* 1, 449–467. <https://doi.org/10.36076/ppj.2018.5.449>
- 224 Lee, J.H., 2016. Can Repeat Injection Provide Clinical Benefit in Patients with Lumbosacral Diseases When First Epidural Injection Results Only in Partial Response? *Pain Phys* 19, E283–E290. <https://doi.org/10.36076/ppj/2016.19.E283>
- 225 Lee, J.H., An, J.H., Lee, S.-H., 2009. Comparison of the Effectiveness of Interlaminar and Bilateral Transforaminal Epidural Steroid Injections in Treatment of Patients With Lumbosacral Disc Herniation and Spinal Stenosis. *The Clinical Journal of Pain* 25, 206–210. <https://doi.org/10.1097/AJP.0b013e3181878f9e>
- 226 Lee, J.H., Lee, S.-H., 2016. Comparison of Clinical Efficacy Between Interlaminar and Transforaminal Epidural Injection in Patients With Axial Pain due to Cervical Disc Herniation. *Medicine* 95, e2568. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000002568>
- 227 Lee, J.H., Lee, S.-H., 2011. Comparison of clinical effectiveness of cervical transforaminal steroid injection according to different radiological guidances (C-arm fluoroscopy vs. computed

- tomography fluoroscopy). *The Spine Journal* 11, 416–423. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2011.04.004>
- 228 Lee, J.H., Shin, K., Bahk, S.J., Lee, G.J., Kim, Dong Hwan, Lee, C.-H., Kim, Du Hwan, Yang, H.S., Lee, S.-H., 2018. Comparison of clinical efficacy of transforaminal and caudal epidural steroid injection in lumbar and lumbosacral disc herniation: A systematic review and meta-analysis. *The Spine Journal* 18, 2343–2353. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2018.06.720>
- 229 Lee, J.H., Lee, Y., Park, H.S., Lee, Jun Ho, 2022. Comparison of Clinical Efficacy of Transforaminal and Interlaminar Epidural Steroid Injection in Radicular Pain due to Cervical Diseases: A Systematic Review and Meta-analysis. *Pain Physician* 25, E1351–E1366.
- 230 Lee, J.W., Kim, S.H., Choi, J.-Y., Yeom, J.-S., Kim, K.-J., Chung, S.-K., Kim, H.-J., Kim, C., Kwack, K.S., Kwon, J.W., Moon, S.G., Jun, W.S., Kang, H.S., 2006a. Transforaminal Epidural Steroid Injection for Lumbosacral Radiculopathy: Preganglionic versus Conventional Approach. *Korean J Radiol* 7, 139. <https://doi.org/10.3348/kjr.2006.7.2.139>
- 231 Lee, J.W., Kim, S.H., Lee, I.S., Choi, J.-A., Choi, J.-Y., Hong, S.H., Kang, H.S., 2006b. Therapeutic Effect and Outcome Predictors of Sciatica Treated Using Transforaminal Epidural Steroid Injection. *American Journal of Roentgenology* 187, 1427–1431. <https://doi.org/10.2214/AJR.05.1727>
- 232 Lee, J.W., Park, K.W., Chung, S.-K., Yeom, J.S., Kim, K.-J., Kim, H.-J., Kang, H.S., 2009. Cervical transforaminal epidural steroid injection for the management of cervical radiculopathy: a comparative study of particulate versus non-particulate steroids. *Skeletal Radiol* 38, 1077–1082. <https://doi.org/10.1007/s00256-009-0735-5>
- 233 Lee, M.S., Moon, H.S., 2021. Safety of epidural steroids: a review. *Anesth Pain Med* 16, 16–27. <https://doi.org/10.17085/apm.21002>
- 234 Lee, S.-H., Kim, J.-M., Chan, V., Kim, H.-J., Kim, H.-I., 2013. Ultrasound-Guided Cervical Periradicular Steroid Injection for Cervical Radicular Pain: Relevance of Spread Pattern and Degree of Penetration of Contrast Medium. *Pain Med* 14, 5–13. <https://doi.org/10.1111/pme.12010>
- 235 Levin, J., Chan, J., Gall, N., Koltsov, J., Huynh, L., 2022. Retrospective analysis of cervical transforaminal versus interlaminar epidural steroid injections. *Interventional Pain Medicine* 1, 100102. <https://doi.org/10.1016/j.inpm.2022.100102>
- 236 Lindemann, C., Strube, P., Fisahn, C., Hölzl, A., Rohe, S., Sgroi, M., Zippelius, T., 2023. Next Level in Computed Tomography-Guided Periradicular Infiltration Therapy: Same Efficiency with Less Radiation Exposure. *World Neurosurgery* 171, e24–e30. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2022.10.117>
- 237 Liu, J., Zhou, H., Lu, L., Li, X., Jia, J., Shi, Z., Yao, X., Wu, Q., Feng, S., 2016. The Effectiveness of Transforaminal Versus Caudal Routes for Epidural Steroid Injections in Managing Lumbosacral Radicular Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Medicine* 95, e3373. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000003373>

- 238 Ma, L., Wang, Y., Yao, M., Huang, B., Deng, J., Wen, H., 2023. Evaluating the Extent of Ultrasound-Guided Cervical Selective Nerve Root Block in the Lower Cervical Spine: Evidence Based on Computed Tomography Images. *JPR Volume 16*, 669–676. <https://doi.org/10.2147/JPR.S399431>
- 239 Maadawy, A.-E.E., Mazy, A., Adrosy, M.M.M.E., El-Mitwalli, A.-M., Naby, A.A.E., Gomma, M., 2018. A comparative study between interlaminar nerve root targeted epidural versus infraneural transforaminal epidural steroids for treatment of intervertebral disc herniation. *Saudi J Anaesth 12*, 599. https://doi.org/10.4103/sja.SJA_263_18
- 240 MacVicar, J., King, W., Landers, M.H., Bogduk, N., 2013. The effectiveness of lumbar transforaminal injection of steroids: a comprehensive review with systematic analysis of the published data. *Pain Med 14*, 14–28. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2012.01508.x>
- 241 Mahmoodkhani, M., Rezvani, M., Navid Hajiabbasi, M., Askariardehjani, N., Sheibani Tehrani, D., 2024. Effectiveness of transforaminal steroid injections in spinal canal stenosis grade 1 to 3. *Interdisciplinary Neurosurgery 35*, 101866. <https://doi.org/10.1016/j.inat.2023.101866>
- 242 Mahmoud, A.M., Shawky, M.A., Farghaly, O.S., Botros, J.M., Alsaaid, M.A., Ragab, S.G., 2024. A systematic review and network meta-analysis comparing different epidural steroid injection approaches. *Pain Practice 24*, 341–363. <https://doi.org/10.1111/papr.13297>
- 243 Maino, P., Presilla, S., Colli Franzone, P.A., Van Kuijk, S.M.J., Perez, R.S.G.M., Koetsier, E., 2018. Radiation Dose Exposure for Lumbar Transforaminal Epidural Steroid Injections and Facet Joint Blocks Under CT vs. Fluoroscopic Guidance. *Pain Practice 18*, 798–804. <https://doi.org/10.1111/papr.12677>
- 244 Makkar, J.K., 2018. Effect of Different Volumes on Pain Relief in Patient Receiving Fluoroscopic Guided Interlaminar Lumbar Epidural Steroid Injection. *Pain Phys 1*, 243–249. <https://doi.org/10.36076/ppj.2018.3.243>
- 245 Makkar, J.K., 2016. Particulate vs Non-Particulate Steroids for Transforaminal Epidural Steroid Injections: Systematic Review and Meta-analysis of the Current Literature. *Pain Phys 6*;19, 327–340. <https://doi.org/10.36076/ppj/2016.19.327>
- 246 Makkar, J.K., Gourav, K.K.P., Jain, K., Singh, P.M., Dhatt, S.S., Sachdeva, N., Bhadada, S., 2019. Transforaminal Versus Lateral Parasagittal Versus Midline Interlaminar Lumbar Epidural Steroid Injection for Management of Unilateral Radicular Lumbar Pain: A Randomized Double-Blind Trial. *Pain Physician 22*, 561–573.
- 247 Makkar, J.K., Singh, N.P., Rastogi, R., 2015. Volume of contrast and selectivity for lumbar transforaminal epidural steroid injection. *Pain Physician 18*, 101–105.
- 248 Manchikanti, L., 2019. Responsible, Safe, and Effective Use of Biologics in the Management of Low Back Pain: American Society of Interventional Pain Physicians (ASIPP) Guidelines. *Pain Phys 22*, s1–s74. <https://doi.org/10.36076/ppj/2019.22.s1>
- 249 Manchikanti, L., 2016. Epidural Injections for Lumbar Radiculopathy and Spinal Stenosis: A Comparative Systematic Review and Meta-Analysis. *Pain Phys 3*;19, E365–E410. <https://doi.org/10.36076/ppj/2016.19.E365>

- 250 Manchikanti, L., 2014a. Transforaminal Epidural Injections in Chronic Lumbar Disc Herniation: A Randomized, Double-Blind, Active-Control Trial. *Pain Phys* 4;17, E489–E501. <https://doi.org/10.36076/ppj.2014/17/E489>
- 251 Manchikanti, L., 2014b. A Randomized, Double-Blind, Active-Control Trial of the Effectiveness of Lumbar Interlaminar Epidural Injections in Disc Herniation. *Pain Phys* 17;1, E61–E74. <https://doi.org/10.36076/ppj.2014/17/E61>
- 252 Manchikanti, L., 2013a. A Randomized, Double-Blind, Active Control Trial of Fluoroscopic Cervical Interlaminar Epidural Injections in Chronic Pain of Cervical Disc Herniation: Results of a 2-Year Follow-Up. *Pain Phys* 5;16, 465–478. <https://doi.org/10.36076/ppj.2013/16/465>
- 253 Manchikanti, L., 2013b. A Randomized, Double-Blind, Active-Controlled Trial of Fluoroscopic Lumbar Interlaminar Epidural Injections in Chronic Axial or Discogenic Low Back Pain: Results of 2-Year Follow-Up. *Pain Phys* 5;16, E494–E504. <https://doi.org/10.36076/ppj.2013/16/E494>
- 254 Manchikanti, L., 2012a. Fluoroscopic Cervical Interlaminar Epidural Injections in Managing Chronic Pain of Cervical Postsurgery Syndrome: Preliminary Results of a Randomized, Double-Blind, Active Control Trial. *Pain Phys* 1;15, 13–26. <https://doi.org/10.36076/ppj.2012/15/13>
- 255 Manchikanti, L., 2012b. Lumbar Interlaminar Epidural Injections in Central Spinal Stenosis: Preliminary Results of a Randomized, Double-Blind, Active Control Trial. *Pain Phys* 1;15, 51–63. <https://doi.org/10.36076/ppj.2012/15/51>
- 256 Manchikanti, L., 2012c. Effect of Fluoroscopically Guided Caudal Epidural Steroid or Local Anesthetic Injections in the Treatment of Lumbar Disc Herniation and Radiculitis: A Randomized, Controlled, Double Blind Trial with a Two-Year Follow-Up. *Pain Phys* 4;15, 273–286. <https://doi.org/10.36076/ppj.2012/15/273>
- 257 Manchikanti, L., 2012d. Results of 2-Year Follow-Up of a Randomized, Double-Blind, Controlled Trial of Fluoroscopic Caudal Epidural Injections In Central Spinal Stenosis. *Pain Phys* 5;15, 371–384. <https://doi.org/10.36076/ppj.2012/15/371>
- 258 Manchikanti, L., 2012e. A Prospective Evaluation of Complications of 10,000 Fluoroscopically Directed Epidural Injections. *Pain Phys* 2;15, 131–140. <https://doi.org/10.36076/ppj.2012/15/131>
- 259 Manchikanti, L., 2011. One-Year Results of a Randomized, Double-Blind, Active Controlled Trial of Fluoroscopic Caudal Epidural Injections With or Without Steroids in Managing Chronic Discogenic Low Back Pain Without Disc Herniation or Radiculitis. *Pain Phys* 1;14, 25–36. <https://doi.org/10.36076/ppj.2011/14/25>
- 260 Manchikanti, L., 2010a. Evaluation of the Effectiveness of Lumbar Interlaminar Epidural Injections in Managing Chronic Pain of Lumbar Disc Herniation or Radiculitis: A Randomized, Double-Blind, Controlled Trial. *Pain Phys* 4;13, 343–355. <https://doi.org/10.36076/ppj.2010/13/343>
- 261 Manchikanti, L., 2010b. Management of Pain of Post Lumbar Surgery Syndrome: One-Year Results of a Randomized, Double-Blind, Active Controlled Trial of Fluoroscopic Caudal Epidural Injections. *Pain Phys* 6;13, 519–521. <https://doi.org/10.36076/ppj.2010/13/519>

- 262 Manchikanti, L., 2008a. Preliminary Results of a Randomized, Equivalence Trial of Fluoroscopic Caudal Epidural Injections in Managing Chronic Low Back Pain: Part 2 — Disc Herniation and Radiculitis. *Pain Phys* 6;11, 801–815. <https://doi.org/10.36076/ppj.2008/11/801>
- 263 Manchikanti, L., 2008b. Preliminary Results of a Randomized, Equivalence Trial of Fluoroscopic Caudal Epidural Injections in Managing Chronic Low Back Pain: Part 1 — Discogenic Pain without Disc Herniation or Radiculitis. *Pain Phys* 6;11, 785–800. <https://doi.org/10.36076/ppj.2008/11/785>
- 264 Manchikanti, L., 2008c. Preliminary Results of a Randomized, Equivalence Trial of Fluoroscopic Caudal Epidural Injections in Managing Chronic Low Back Pain: Part 4 — Spinal Stenosis. *Pain Phys* 6;11, 833–848. <https://doi.org/10.36076/ppj.2008/11/833>
- 265 Manchikanti, L., 2008d. Preliminary Results of a Randomized, Equivalence Trial of Fluoroscopic Caudal Epidural Injections in Managing Chronic Low Back Pain: Part 3 – Post Surgery Syndrome. *Pain Phys* 6;11, 817–831. <https://doi.org/10.36076/ppj.2008/11/817>
- 266 Manchikanti, L., Cash, K.A., McManus, C.D., Damron, K.S., Pampati, V., Falco, F.J.E., 2015a. A randomized, double-blind controlled trial of lumbar interlaminar epidural injections in central spinal stenosis: 2-year follow-up. *Pain Physician* 18, 79–92.
- 267 Manchikanti, L., Cash, K.A., McManus, C.D., Pampati, V., Fellows, B., 2012a. Fluoroscopic Caudal Epidural Injections With or Without Steroids in Managing Pain of Lumbar Spinal Stenosis: One-Year Results of Randomized, Double-Blind, Active-Controlled Trial. *Journal of Spinal Disorders & Techniques* 25, 226–234. <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e3182160068>
- 268 Manchikanti, L., Cash, K.A., Pampati, V., Malla, Y., 2014a. Two-Year Follow-Up Results of Fluoroscopic Cervical Epidural Injections in Chronic Axial or Discogenic Neck Pain: A Randomized, Double-Blind, Controlled Trial. *Int. J. Med. Sci.* 11, 309–320. <https://doi.org/10.7150/ijms.8069>
- 269 Manchikanti, L., Cash, K.A., Pampati, V., Malla, Y., 2012b. Fluoroscopic cervical epidural injections in chronic axial or disc-related neck pain without disc herniation, facet joint pain, or radiculitis. *J Pain Res* 5, 227–236. <https://doi.org/10.2147/JPR.S32692>
- 270 Manchikanti, L., Cash, K.A., Pampati, V., Wargo, B.W., Malla, Y., 2012c. Management of Chronic Cervical Disc Herniation and Radiculitis with Fluoroscopic Cervical Interlaminar Epidural Injections. *Int. J. Med. Sci.* 9, 424–434. <https://doi.org/10.7150/ijms.4444>
- 271 Manchikanti, L., Falco, F.J.E., Diwan, S., Hirsch, J.A., Smith, H.S., 2014b. Cervical Radicular Pain: The Role of Interlaminar and Transforaminal Epidural Injections. *Curr Pain Headache Rep* 18, 389. <https://doi.org/10.1007/s11916-013-0389-9>
- 272 Manchikanti, L., Knezevic, E., Knezevic, N.N., Sanapati, M.R., Thota, S., Abd-Elseyed, A., Hirsch, J.A., 2021a. Epidural Injections for Lumbar Radiculopathy or Sciatica: A Comparative Systematic Review and Meta-Analysis of Cochrane Review. *Pain Physician* 24, E539–E554.
- 273 Manchikanti, L., Knezevic, N.N., Navani, A., Christo, P.J., Limerick, G., Calodney, A.K., Grider, J., Harned, M.E., Cintron, L., Gharibo, C.G., Shah, S., Nampiaparampil, D.E., Candido, K.D., Soin, A., Kaye, A.D., Kosanovic, R., Magee, T.R., Beall, D.P., Atluri, S., Gupta, M., Helm li, S., Wargo, B.W., Diwan, S., Aydin, S.M., Boswell, M.V., Haney, B.W., Albers, S.L., Latchaw, R., Abd-Elseyed, A., Conn, A., Hansen, H., Simopoulos, T.T., Swicegood, J.R., Bryce, D.A., Singh, V., Abdi, S., Bakshi,

- S., Buenaventura, R.M., Cabaret, J.A., Jameson, J., Jha, S., Kaye, A.M., Pasupuleti, R., Rajput, K., Sanapati, M.R., Sehgal, N., Trescot, A.M., Racz, G.B., Gupta, S., Sharma, M.L., Grami, V., Parr, A.T., Knezevic, E., Datta, S., Patel, K.G., Tracy, D.H., Cordner, H.J., Snook, L.T., Benyamin, R.M., Hirsch, J.A., 2021b. Epidural Interventions in the Management of Chronic Spinal Pain: American Society of Interventional Pain Physicians (ASIPP) Comprehensive Evidence-Based Guidelines. *Pain Physician* 24, S27–S208.
- 274 Manchikanti, L., Knezevic, N.N., Parr, A., Kaye, A.D., Sanapati, M., Hirsch, J.A., 2020. Does Epidural Bupivacaine with or Without Steroids Provide Long-Term Relief? A Systematic Review and Meta-analysis. *Curr Pain Headache Rep* 24, 26. <https://doi.org/10.1007/s11916-020-00859-7>
- 275 Manchikanti, L., Knezevic, N.N., Sanapati, J., Kaye, A.D., Sanapati, M.R., Hirsch, J.A., 2021c. Is Epidural Injection of Sodium Chloride Solution a True Placebo or an Active Control Agent? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pain Physician* 24, 41–59.
- 276 Manchikanti, L., Nampiaparampil, D.E., Candido, K.D., Bakshi, S., Grider, J.S., Falco, F.J.E., Sehgal, N., Hirsch, J.A., 2015b. Do cervical epidural injections provide long-term relief in neck and upper extremity pain? A systematic review. *Pain Physician* 18, 39–60.
- 277 Manchikanti, L., Singh, V., Cash, K.A., Pampati, V., Damron, K.S., Boswell, M.V., 2011. A Randomized, Controlled, Double-Blind Trial of Fluoroscopic Caudal Epidural Injections in the Treatment of Lumbar Disc Herniation and Radiculitis: *Spine* 36, 1897–1905. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31823294f2>
- 278 Manchikanti, L., Singh, V., Cash, K.A., Pampati, V., Datta, S., 2012d. Fluoroscopic Caudal Epidural Injections in Managing Post Lumbar Surgery Syndrome: Two-Year Results of a Randomized, Double-Blind, Active-Control Trial. *Int. J. Med. Sci.* 9, 582–591. <https://doi.org/10.7150/ijms.4672>
- 279 Manchikanti, L., Singh, V., Cash, K.A., Pampati, V., Falco, F.J.E., 2013. The Role of Fluoroscopic Interlaminar Epidural Injections in Managing Chronic Pain of Lumbar Disc Herniation or Radiculitis: A Randomized, Double-Blind Trial. *Pain Practice* 13, 547–558. <https://doi.org/10.1111/papr.12023>
- 280 Mathews, J.A., Mills, S.B., Jenkins, V.M., Grimes, S.M., Morkel, M.J., Mathews, W., Scott, C.M., Sittampalam, Y., 1987. Back Pain and Sciatica: Controlled Trials of Manipulation, Traction, Sclerosant and Epidural Injections. *Rheumatology* 26, 416–423. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/26.6.416>
- 281 Mattie, R., Miller, D.C., Smith, C., 2019. Annual Maximum Dose of Epidural Steroid Injection. *Pain Medicine* 20, 2069–2070. <https://doi.org/10.1093/pm/pnz191>
- 282 Mattie, R., Schneider, B.J., Smith, C., 2020. Frequency of Epidural Steroid Injections. *Pain Medicine* 21, 1078–1079. <https://doi.org/10.1093/pm/pnaa053>
- 283 Maus, T., 2024. The Anatomy, Technique, Safety, and Efficacy of Image-Guided Epidural Access. *Radiologic Clinics of North America* 62, 199–215. <https://doi.org/10.1016/j.rcl.2023.09.006>

- 284 Maus, T., Cohen, I., McCormick, Z., Schneider, B., Smith, C., Stojanovic, M., Waring, P. (Eds.), 2024. Technical Manual and Atlas of Interventional Pain and Spine Procedures. International Spine Intervention Society.
- 285 McCormick, Z.L., Burnham, T., Cunningham, S., Kendall, R.W., Bougie, D., Teramoto, M., Walega, D.R., 2020. Effect of low-dose lidocaine on objective upper extremity strength and immediate pain relief following cervical interlaminar epidural injections: a double-blinded randomized controlled trial. *Reg Anesth Pain Med* 45, 767–773. <https://doi.org/10.1136/rapm-2020-101598>
- 286 McCormick, Z.L., Burnham, T., Walega, D.R., 2021. Response to ‘Effect of low-dose lidocaine on objective upper extremity strength and immediate pain relief following cervical interlaminar epidural injections: a double-blinded randomized controlled trial.’ *Reg Anesth Pain Med* 46, 1114–1114. <https://doi.org/10.1136/rapm-2021-102499>
- 287 McCormick, Z.L., Cushman, D., Marshall, B., Caldwell, M., Patel, J., Ghannad, L., Eng, C., Makovitch, S., Babu, A., Chu, S.K., Marciniak, C., Walega, D.R., Press, J., Plastaras, C., Kennedy, D.J., 2016. Pain Reduction and Repeat Injections After Transforaminal Epidural Injection With Particulate Versus Nonparticulate Steroid for the Treatment of Chronic Painful Lumbosacral Radiculopathy. *PM&R* 8, 1039–1045. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2016.03.011>
- 288 McGrath, J.M., Schaefer, M.P., Malkamaki, D.M., 2011. Incidence and Characteristics of Complications from Epidural Steroid Injections. *Pain Med* 12, 726–731. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2011.01077.x>
- 289 McGregor, A.H., Anjarwalla, N.K., Stambach, T., 2001. Does the Method of Injection Alter the Outcome of Epidural Injections?: *Journal of Spinal Disorders* 14, 507–510. <https://doi.org/10.1097/00002517-200112000-00008>
- 290 McLain, R.F., Kapural, L., Mekhail, N.A., 2005. Epidural steroid therapy for back and leg pain: mechanisms of action and efficacy. *The Spine Journal* 5, 191–201. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2004.10.046>
- 291 Mehta, P., Syrop, I., Singh, J.R., Kirschner, J., 2017. Systematic Review of the Efficacy of Particulate Versus Nonparticulate Corticosteroids in Epidural Injections. *PM&R* 9, 502–512. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2016.11.008>
- 292 Meijenhorst, G.C., 1982. Computed tomography of the lumbar epidural veins. *Radiology* 145, 687–691. <https://doi.org/10.1148/radiology.145.3.7146396>
- 293 Meng, H., Fei, Q., Wang, B., Yang, Y., Li, D., Li, J., Su, N., 2015. Epidural injections with or without steroids in managing chronic low back pain secondary to lumbar spinal stenosis: a meta-analysis of 13 randomized controlled trials. *Drug Des Devel Ther* 9, 4657–4667. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S85524>
- 294 Mesregah, M.K., Feng, W., Huang, W.-H., Chen, W.-C., Yoshida, B., Mecum, A., Mandalia, K., Van Halm-Lutterodt, N., 2020. Clinical Effectiveness of Interlaminar Epidural Injections of Local Anesthetic with or without Steroids for Managing Chronic Neck Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pain Physician* 23, 335–348.

- 295 Miller, D.C., Patel, J., Smith, C.C., Spine Intervention Society's Patient Safety Committee, 2018. Fact Finders for Patient Safety: Radiation Safety for Interventional Spine Procedures. *Pain Medicine* 19, 629–630. <https://doi.org/10.1093/pm/pnx302>
- 296 Moon, J., Kwon, H.-M., 2017. Spinal Cord Infarction after Cervical Transforaminal Epidural Steroid Injection: Case Report and Literature Review. *Case Rep Neurol* 9, 1–5. <https://doi.org/10.1159/000455069>
- 297 Morales-Cabeza, C., Roa-Medellín, D., Torrado, I., De Barrio, M., Fernández-Álvarez, C., Montes-Aceñero, J.F., De La Riva, I., Prieto-García, A., 2017. Immediate reactions to iodinated contrast media. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology* 119, 553–557. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2017.08.014>
- 298 Mulleman, D., Mammou, S., Griffoul, I., Watier, H., Goupille, P., 2006. Pathophysiology of disk-related sciatica. I.—Evidence supporting a chemical component. *Joint Bone Spine* 73, 151–158. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2005.03.003>
- 299 Murakibhavi, V., Khemka, A., 2011. Caudal epidural steroid injection: a randomized controlled trial. *Evidence-Based Spine-Care Journal* 2, 19–26. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1274753>
- 300 Murthy, N.S., Geske, J.R., Shelerud, R.A., Wald, J.T., Diehn, F.E., Thielen, K.R., Kaufmann, T.J., Morris, J.M., Lehman, V.T., Amrami, K.K., Carter, R.E., Maus, T.P., 2014. The Effectiveness of Repeat Lumbar Transforaminal Epidural Steroid Injections. *Pain Med* 15, 1686–1694. <https://doi.org/10.1111/pme.12497>
- 301 Nagpal, A.S., Vu, T.-N., Gill, B., Conger, A., McCormick, Z.L., Duszynski, B., Boies, B.T., 2022. Systematic review of the effectiveness of caudal epidural steroid injections in the treatment of chronic low back or radicular pain. *Interventional Pain Medicine* 1, 100149. <https://doi.org/10.1016/j.inpm.2022.100149>
- 302 Nahm, F.S., Lee, C.J., Lee, S.H., Kim, T.H., Sim, W.S., Cho, H.S., Park, S.Y., Kim, Y.C., Lee, S.C., 2010. Risk of intravascular injection in transforaminal epidural injections. *Anaesthesia* 65, 917–921. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2010.06447.x>
- 303 Nandi, J., Chowdhery, A., 2017. A Randomized Controlled Clinical Trial to Determine the Effectiveness of Caudal Epidural Steroid Injection in Lumbosacral Sciatica. *J Clin Diagn Res* 11, RC04–RC08. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/21905.9392>
- 304 Narouze, S., 2024. Reclaiming confidence in cervical transforaminal epidurals: Dispelling myths and ensuring safety. *Interventional Pain Medicine* 3, 100417. <https://doi.org/10.1016/j.inpm.2024.100417>
- 305 Narouze, S., Benzon, H.T., Provenzano, D., Buvanendran, A., De Andres, J., Deer, T., Rauck, R., Huntoon, M.A., 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, 225–262. <https://doi.org/10.1097/AAP.0000000000000700>

- 306 Narouze, S., Benzon, H.T., Provenzano, D.A., Buvanendran, A., De Andres, J., Deer, T.R., Rauck, R., Huntoon, M.A., 2015. Interventional Spine and Pain Procedures in Patients on Antiplatelet and Anticoagulant Medications: 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. *Regional Anesthesia and Pain Medicine* 40, 182–212. <https://doi.org/10.1097/AAP.0000000000000223>
- 307 Nelson, D.A., Landau, W.M., 2001. Intraspinial steroids: history, efficacy, accidentality, and controversy with review of United States Food and Drug Administration reports. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 70, 433–443. <https://doi.org/10.1136/jnnp.70.4.433>
- 308 Ng, L., Chaudhary, N., Sell, P., 2005. The Efficacy of Corticosteroids in Periradicular Infiltration for Chronic Radicular Pain: A Randomized, Double-Blind, Controlled Trial. *Spine* 30, 857–862. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000158878.93445.a0>
- 309 NICE, 2016. Low back pain and sciatica in over 16s: assessment and management Invasive treatments NICE guideline NG59 Methods, evidence and recommendations.
- 310 North American Spine Society (NASS), 2020. Evidence-Based Clinical Guidelines for Multidisciplinary Spine Care: Diagnosis & Treatment of Low Back Pain.
- 311 Novak, S., Nemeth, W.C., 2008. The Basis for Recommending Repeating Epidural Steroid Injections for Radicular Low Back Pain: A Literature Review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 89, 543–552. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.11.008>
- 312 NVL-Programm von BÄK, KBV, AWMF, 2017. S3-Leitlinie Nationale VersorgungsLeitlinie Kreuzschmerz [WWW Document]. <https://doi.org/10.6101/AZQ/000353>
- 313 Obernauer, J., Galiano, K., Gruber, H., Bale, R., Obwegeser, A.A., Schatzer, R., Loizides, A., 2013. Ultrasound-guided versus Computed Tomography-controlled facet joint injections in the middle and lower cervical spine: a prospective randomized clinical trial. *Med Ultrason* 15, 10–15. <https://doi.org/10.11152/mu.2013.2066.151.jo1ugc2>
- 314 Okada, K., 1981. [Studies on the cervical facet joints using arthrography of the cervical facet joint (author's transl)]. *Nihon Seikeigeka Gakkai Zasshi* 55, 563–580.
- 315 Ökmen, K., Ökmen, B.M., 2017. The efficacy of interlaminar epidural steroid administration in multilevel intervertebral disc disease with chronic low back pain: a randomized, blinded, prospective study. *The Spine Journal* 17, 168–174. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2016.08.024>
- 316 Okubadejo, G.O., Talcott, M.R., Schmidt, R.E., Sharma, A., Patel, A.A., Mackey, R.B., Guarino, A.H., Moran, C.J., Riew, K.D., 2008. Perils of Intravascular Methylprednisolone Injection into the Vertebral Artery: An Animal Study. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume* 90, 1932–1938. <https://doi.org/10.2106/JBJS.G.01182>
- 317 Olivier, T.J., Konda, C., Pham, T., Baltich Nelson, B., Patel, A., Sharma, G.S., Trivedi, K., Annaswamy, T.M., 2023. Clinical practice guidelines on interventional management of low back pain: A synthesis of recommendations. *PM&R* 15, 1052–1063. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12930>

- 318 Ozturk, E.C., Sacaklidir, R., Sencan, S., Gunduz, O.H., 2023. Caudal epidural steroid injection versus transforaminal ESI for unilateral S1 radiculopathy: a prospective, randomized trial. *Pain Medicine* 24, 957–962. <https://doi.org/10.1093/pm/pnad041>
- 319 Paik, N.C., 2016. Radiation Dose Reduction in CT Fluoroscopy-Guided Cervical Transforaminal Epidural Steroid Injection by Modifying Scout and Planning Steps. *Cardiovasc Intervent Radiol* 39, 591–599. <https://doi.org/10.1007/s00270-015-1230-0>
- 320 Paik, N.C., 2014. Radiation Dose Reduction in CT Fluoroscopy-Guided Lumbar Interlaminar Epidural Steroid Injection by Minimizing Preliminary Planning Imaging. *Eur Radiol* 24, 2109–2117. <https://doi.org/10.1007/s00330-014-3245-3>
- 321 Pairuchvej, S., Arirachakaran, A., Keorochana, G., Wattanapaiboon, K., Atipayoon, S., Phatthanathitikarn, P., Kongtharvonskul, J., 2018. The short and midterm outcomes of lumbar transforaminal epidural injection with preganglionic and postganglionic approach in lumbosacral radiculopathy: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurg Rev* 41, 909–916. <https://doi.org/10.1007/s10143-017-0826-z>
- 322 Pandey, R.A., 2016. Efficacy of Epidural Steroid Injection in Management of Lumbar Prolapsed Intervertebral Disc: A Comparison of Caudal, Transforaminal and Interlaminar Routes. *JCDR*. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/18208.8127>
- 323 Parate, A., Shamal, N., Gawande, V., Saoji, K., Mittal, A., 2020. A Self-Controlled Prospective Study between Methylprednisolone and Dexamethasone Inter-Laminar Epidural Steroid Injection in Radicular Pain for Prolapse Intervertebral Disc in Lumbar Vertebrae. *Indian Journal of Forensic medicine & Toxicology* 14, 6228–6232.
- 324 Park, C.H., Jang, Y.H., Lee, S.H., 2022. Comparison of Pain Reduction and Changes in Serum Cortisol and Glucose Levels to Different Doses of Lumbar Epidural Dexamethasone: A Prospective Study. *Pain Physician* 25, E1081–E1085.
- 325 Park, C.H., Lee, S.H., Kim, B.I., 2010. Comparison of the Effectiveness of Lumbar Transforaminal Epidural Injection with Particulate and Nonparticulate Corticosteroids in Lumbar Radiating Pain. *Pain Med* 11, 1654–1658. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2010.00941.x>
- 326 Park, K.D., Kim, T.K., Lee, W.Y., Ahn, J., Koh, S.H., Park, Y., 2015. Ultrasound-Guided Versus Fluoroscopy-Guided Caudal Epidural Steroid Injection for the Treatment of Unilateral Lower Lumbar Radicular Pain: Case-Controlled, Retrospective, Comparative Study. *Medicine* 94, e2261. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000002261>
- 327 Park, K.D., Lee, W.Y., Nam, S.H., Kim, M., Park, Y., 2019. Ultrasound-guided selective nerve root block versus fluoroscopy-guided interlaminar epidural block for the treatment of radicular pain in the lower cervical spine: a retrospective comparative study. *J Ultrasound* 22, 167–177. <https://doi.org/10.1007/s40477-018-0344-z>
- 328 Park, Y., Lee, J.-H., Park, K.D., Ahn, J.K., Park, J., Jee, H., 2013. Ultrasound-Guided vs. Fluoroscopy-Guided Caudal Epidural Steroid Injection for the Treatment of Unilateral Lower Lumbar Radicular Pain: A Prospective, Randomized, Single-Blind Clinical Study. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 92, 575–586. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e318292356b>

- 329 Patel, J., Popescu, A., Smith, C., 2019. Follow-up After Epidural Steroid Injections. *Pain Medicine* 20, 2598–2599. <https://doi.org/10.1093/pm/pnz243>
- 330 Paulson, E.K., Sheafor, D.H., Enterline, D.S., McAdams, H.P., Yoshizumi, T.T., 2001. CT Fluoroscopy-guided Interventional Procedures: Techniques and Radiation Dose to Radiologists. *Radiology* 220, 161–167. <https://doi.org/10.1148/radiology.220.1.r01j129161>
- 331 Persson, L., Anderberg, L., 2013. Repetitive transforaminal steroid injections in cervical radiculopathy: a prospective outcome study including 140 patients. *Evidence-Based Spine-Care Journal* 3, 13–20. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1327805>
- 332 Plaikner, M., Kögl, N., Gruber, H., Bale, R., Ho, W.M., Skalla-Oberherber, E., Loizides, A., 2023. Ultrasound-guided versus computed tomography-controlled periradicular injections of the first sacral nerve: a prospective randomized clinical trial. *Med Ultrason* 25, 35. <https://doi.org/10.11152/mu-3827>
- 333 Plastaras, C., McCormick, Z.L., Garvan, C., Macron, D., Joshi, A., Chimes, G., Smeal, W., Rittenberg, J., Kennedy, D.J., 2015. Adverse events associated with fluoroscopically guided lumbosacral transforaminal epidural steroid injections. *The Spine Journal* 15, 2157–2165. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2015.05.034>
- 334 Pollak, K.A., Stephens, L.S., Posner, K.L., Rathmell, J.P., Fitzgibbon, D.R., Dutton, R.P., Michna, E., Domino, K.B., 2015. Trends in Pain Medicine Liability. *Anesthesiology* 123, 1133–1141. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000855>
- 335 Popescu, A., Lai, D., Lu, A., Gardner, K., 2013. Stroke following Epidural Injections—Case Report and Review of Literature. *Journal of Neuroimaging* 23, 118–121. <https://doi.org/10.1111/j.1552-6569.2011.00615.x>
- 336 Poutoglidou, F., Metaxiotis, D., Vasiliadis, A.V., Alvanos, D., Mpeletsiotis, A., 2021. Caudal Epidural Injections in Lumbar Spinal Stenosis: Comparison of Nonimage, Ultrasonography-, and Fluoroscopy-Guided Techniques. A Randomized Clinical Trial. *TPJ* 25, 1–1. <https://doi.org/10.7812/TPP/20.321>
- 337 Price, C., Arden, N., Coglan, L., Rogers, P., 2005. Cost-effectiveness and safety of epidural steroids in the management of sciatica. *Health Technol Assess* 9. <https://doi.org/10.3310/hta9330>
- 338 Price, C.M., 2000. Comparison of the caudal and lumbar approaches to the epidural space. *Annals of the Rheumatic Diseases* 59, 879–882. <https://doi.org/10.1136/ard.59.11.879>
- 339 Quraishi, N.A., 2012. Transforaminal injection of corticosteroids for lumbar radiculopathy: systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J* 21, 214–219. <https://doi.org/10.1007/s00586-011-2008-y>
- 340 Rabinovitch, D.L., Peliowski, A., Furlan, A.D., 2009. Influence of lumbar epidural injection volume on pain relief for radicular leg pain and/or low back pain. *The Spine Journal* 9, 509–517. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2009.03.003>
- 341 Rados, I., Sakic, K., Fingler, M., Kapural, L., 2011. Efficacy of Interlaminar vs Transforaminal Epidural Steroid Injection for the Treatment of Chronic Unilateral Radicular Pain: Prospective,

- Randomized Study. *Pain Med* 12, 1316–1321. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2011.01213.x>
- 342 Rafati, A., Ghanaati, H., Asadi, B., Mehrabi, F., Rahmatian, A., Hassani, S., 2023. Outcomes of the Fluoroscopically-Guided vs. Computed-Tomography-Guided Transforaminal Epidural Steroid Injection in Low Back Pain: A Propensity-matched Prospective Cohort. *Med. J. Islam. Republ. Iran.* <https://doi.org/10.47176/mjiri.37.23>
- 343 Rahimzadeh, P., Imani, F., Ghahremani, M., Faiz, S.H.R., 2018. Comparison of percutaneous intradiscal ozone injection with laser disc decompression in discogenic low back pain. *JPR* Volume 11, 1405–1410. <https://doi.org/10.2147/JPR.S164335>
- 344 Rathmell, J.P., Aprill, C., Bogduk, N., 2004. Cervical transforaminal injection of steroids. *Anesthesiology* 100, 1595–1600. <https://doi.org/10.1097/0000542-200406000-00035>
- 345 Rathmell, J.P., Benzon, H.T., Dreyfuss, P., Huntoon, M., Wallace, M., Baker, R., Riew, K.D., Rosenquist, R.W., Aprill, C., Rost, N.S., Buvanendran, A., Kreiner, D.S., Bogduk, N., Fourney, D.R., Fraifeld, E., Horn, S., Stone, J., Vorenkamp, K., Lawler, G., Summers, J., Kloth, D., O’Brien, D., Tutton, S., 2015. Safeguards to prevent neurologic complications after epidural steroid injections: consensus opinions from a multidisciplinary working group and national organizations. *Anesthesiology* 122, 974–984. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000614>
- 346 Rayegani, S.M., Soltani, V., Cheraghi, M., Omid Zohor, M.R., Babaei-Ghazani, A., Raeissadat, S.A., 2023. Efficacy of ultrasound guided caudal epidural steroid injection with or without ozone in patients with lumbosacral canal stenosis; a randomized clinical controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord* 24, 339. <https://doi.org/10.1186/s12891-023-06451-5>
- 347 Reitman, C.A., Watters, W., 2002. Subdural Hematoma After Cervical Epidural Steroid Injection: *Spine* 27, E174–E176. <https://doi.org/10.1097/00007632-200203150-00022>
- 348 Rezende, R., Jacob Júnior, C., Da Silva, C.K., De Barcellos Zanon, I., Cardoso, I.M., Batista Júnior, J.L., 2015. Comparison of the efficacy of transforaminal and interlaminar radicular block techniques for treating lumbar disk hernia. *Revista Brasileira de Ortopedia (English Edition)* 50, 220–225. <https://doi.org/10.1016/j.rboe.2015.02.016>
- 349 Ridley, M.G., Kingsley, G.H., Gibson, T., Grahame, R., 1988. Outpatient Lumbar Epidural Corticosteroid Injection in the Management of Sciatica. *Rheumatology* 27, 295–299. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/27.4.295>
- 350 Riew, K.D., Park, J.-B., Cho, Y.-S., Gilula, L., Patel, A., Lenke, L.G., Bridwell, K.H., 2006. Nerve Root Blocks in the Treatment of Lumbar Radicular Pain: A Minimum Five-Year Follow-Up. *The Journal of Bone & Joint Surgery* 88, 1722–1725. <https://doi.org/10.2106/JBJS.E.00278>
- 351 Riew, K.D., Yin, Y., Gilula, L., Bridwell, K.H., Lenke, L.G., Laurysen, C., Goette, K., 2000. The Effect of Nerve-Root Injections on the Need for Operative Treatment of Lumbar Radicular Pain: A Prospective, Randomized, Controlled, Double-Blind Study. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American* Volume 82, 1589–1593. <https://doi.org/10.2106/00004623-200011000-00012>

- 352 Ring, J., Franz, R., Brockow, K., 2010. Anaphylactic Reactions to Local Anesthetics, in: Ring, J. (Ed.), *Chemical Immunology and Allergy*. S. Karger AG, pp. 190–200. <https://doi.org/10.1159/000315952>
- 353 Rozin, L., Rozin, R., Koehler, S.A., Shakir, A., Ladham, S., Barmada, M., Dominick, J., Wecht, C.H., 2003. Death During Transforaminal Epidural Steroid Nerve Root Block (C7) due to Perforation of the Left Vertebral Artery. *American Journal of Forensic Medicine & Pathology* 24, 351–355. <https://doi.org/10.1097/01.paf.0000097790.45455.45>
- 354 Ruiz-Lopez, R., Tsai, Y., 2020. A Randomized Double-Blind Controlled Pilot Study Comparing Leucocyte-Rich Platelet-Rich Plasma and Corticosteroid in Caudal Epidural Injection for Complex Chronic Degenerative Spinal Pain. *Pain Practice* 20, 639–646. <https://doi.org/10.1111/papr.12893>
- 355 Sarti, M., Brehmer, W.P., Gay, S.B., 2012. Low-Dose Techniques in CT-guided Interventions. *RadioGraphics* 32, 1109–1119. <https://doi.org/10.1148/rg.324115072>
- 356 Sayed, D., Grider, J., Strand, N., Hagedorn, J.M., Falowski, S., Lam, C.M., Tieppo Francio, V., Beall, D.P., Tomycz, N.D., Davanzo, J.R., Aiyer, R., Lee, D.W., Kalia, H., Sheen, S., Malinowski, M.N., Verdolin, M., Vodapally, S., Carayannopoulos, A., Jain, S., Azeem, N., Tolba, R., Chang Chien, G.C., Ghosh, P., Mazzola, A.J., Amirdelfan, K., Chakravarthy, K., Petersen, E., Schatman, M.E., Deer, T., 2022. The American Society of Pain and Neuroscience (ASPN) Evidence-Based Clinical Guideline of Interventional Treatments for Low Back Pain. *JPR* 15, 3729–3832. <https://doi.org/10.2147/JPR.S386879>
- 357 Sayegh, F.E., Kenanidis, E.I., Papavasiliou, K.A., Potoupnis, M.E., Kirkos, J.M., Kapetanios, G.A., 2009. Efficacy of Steroid and Nonsteroid Caudal Epidural Injections for Low Back Pain and Sciatica: A Prospective, Randomized, Double-Blind Clinical Trial. *Spine* 34, 1441–1447. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181a4804a>
- 358 Schaufele, M.K., MD, Marín, D.R., MD, Tate, J.L., MD, MPH, Simmons, A.C., MPH, CCRC, 2011. Adverse events of conscious sedation in ambulatory spine procedures. *The spine journal* 11, 1093–1100. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2011.07.028>
- 359 Schmid, G., Schmitz, A., Borchardt, D., Ewen, K., von Rothenburg, T., Koester, O., Jergas, M., 2006. Effective dose of CT- and fluoroscopy-guided perineural/epidural injections of the lumbar spine: a comparative study. *Cardiovasc Intervent Radiol* 29, 84–91. <https://doi.org/10.1007/s00270-004-0355-3>
- 360 Schneider, B., McCormick, Z., O’Brien, D., Bunch, M., Smith, C.C., 2018. FactFinders for Patient Safety: Conscious Sedation [WWW Document]. URL https://cdn.ymaws.com/www.ipsismed.org/resource/resmgr/factfinder/FactFinder_2018_02_Conscious.pdf (accessed 11.22.24).
- 361 Schneider, B.J., Chukwuma, V.U., Fechtel, B.M., Kennedy, D.J., 2024. How soon after an epidural steroid injection can you predict the patient’s response? *Interventional Pain Medicine* 3, 100435. <https://doi.org/10.1016/j.inpm.2024.100435>
- 362 Schneider, B.J., Mattie, R., Smith, C., 2019. Cumulative Lifetime Steroid Exposure via Epidural Administration. *Pain Medicine* 20, 2323–2324. <https://doi.org/10.1093/pm/pnz203>

- 363 Schneider, B.J., Maybin, S., Sturos, E., 2018. Safety and Complications of Cervical Epidural Steroid Injections. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* 29, 155–169. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2017.08.012>
- 364 Schneider, B.J., Miller, D.C., Mattie, R., McCormick, Z.L., Smith, C., 2020. Anticoagulants for Lumbar Epidural Steroid Injections [WWW Document]. URL www.ipsimed.org/resource/resmgr/factfinder/2020/sis_factfinder_20_02_anticoa.pdf (accessed 8.31.24).
- 365 Schneider, M.J., Ammendolia, C., Murphy, D.R., Glick, R.M., Hile, E., Tudorascu, D.L., Morton, S.C., Smith, C., Patterson, C.G., Piva, S.R., 2019. Comparative Clinical Effectiveness of Nonsurgical Treatment Methods in Patients With Lumbar Spinal Stenosis: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open* 2, e186828. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2018.6828>
- 366 Schott, H., 2016. Wirbelsäulennahes Kortison: Stand der Dinge für die Praxis. *Orthop. Rheuma* 19, 10–14. <https://doi.org/10.1007/s15002-016-0820-9>
- 367 Schreiber, A.L., McDonald, B.P., Kia, F., Fried, G.W., 2016. Cervical epidural steroid injections and spinal cord injuries. *The Spine Journal* 16, 1163–1166. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2015.08.068>
- 368 Sencan, S., Edipoglu, I.S., Bilim, S., Gunduz, O.H., 2019. Does Coadministration of Transforaminal Epidural Steroid Injection with Sedation Improve Patient Satisfaction? A Prospective Randomized Clinical Study. *Pain Physician* 22, E287–E294.
- 369 Sencan, S., Edipoglu, I.S., Celenioglu, A.E., Yolcu, G., Gunduz, O.H., 2020. Comparison of treatment outcomes in lumbar central stenosis patients treated with epidural steroid injections: interlaminar *versus* bilateral transforaminal approach. *Korean J Pain* 33, 226–233. <https://doi.org/10.3344/kjp.2020.33.3.226>
- 370 Senkal, S., Sir, E., 2021. Comparison of Ultrasonography and Conventional Fluoroscopy Guided Caudal Epidural Injection in Chronic Low Back Pain. *Turk Neurosurg* 31, 119–123. <https://doi.org/10.5137/1019-5149.JTN.31515-20.2>
- 371 Shakir, A., Ma, V., Mehta, B., 2013. Comparison of pain score reduction using triamcinolone vs. dexamethasone in cervical transforaminal epidural steroid injections. *Am J Phys Med Rehabil* 92, 768–775. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e318282c9f2>
- 372 Shamlivan, T.A., Staal, J.B., Goldmann, D., Sands-Lincoln, M., 2014. Epidural Steroid Injections for Radicular Lumbosacral Pain. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* 25, 471-489.e50. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2014.02.001>
- 373 Shanthanna, H., Busse, J., Wang, L., Kaushal, A., Harsha, P., Suzumura, E.A., Bhardwaj, V., Zhou, E., Couban, R., Paul, J., Bhandari, M., Thabane, L., 2020. Addition of corticosteroids to local anaesthetics for chronic non-cancer pain injections: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *British Journal of Anaesthesia* 125, 779–801. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2020.06.062>
- 374 Sharma, A.K., Vorobeychik, Y., Wasserman, R., Jameson, J., Moradian, M., Duszynski, B., Kennedy, D.J., Standards Division of the Spine Intervention Society, 2017. The Effectiveness and Risks of Fluoroscopically Guided Lumbar Interlaminar Epidural Steroid Injections: A Systematic

- Review with Comprehensive Analysis of the Published Data. *Pain Med* 18, 239–251. <https://doi.org/10.1093/pm/pnw131>
- 375 Sheldon, R.S., Grubb, B.P., Olshansky, B., Shen, W.-K., Calkins, H., Brignole, M., Raj, S.R., Krahn, A.D., Morillo, C.A., Stewart, J.M., Sutton, R., Sandroni, P., Friday, K.J., Hachul, D.T., Cohen, M.I., Lau, D.H., Mayuga, K.A., Moak, J.P., Sandhu, R.K., Kanjwal, K., 2015. 2015 Heart Rhythm Society Expert Consensus Statement on the Diagnosis and Treatment of Postural Tachycardia Syndrome, Inappropriate Sinus Tachycardia, and Vasovagal Syncope. *Heart Rhythm* 12, e41–e63. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2015.03.029>
- 376 Sim, J.H., Park, H., Kim, Y., Shin, J.-W., Leem, J.-G., Cho, H.-S., Choi, S.-S., 2021. Comparative Effectiveness of Parasagittal Interlaminar and Transforaminal Cervical Epidural Steroid Injection in Patients with Cervical Radicular Pain: A Randomized Clinical Trial. *Pain Physician* 24, 117–125.
- 377 Singh, B., Sharma, P., 2002. Subdural Block Complicating Spinal Anesthesia? *Anesthesia & Analgesia* 94, 1007–1009. <https://doi.org/10.1097/00000539-200204000-00043>
- 378 Singh, G., Dr, R., Paswan, A.K., Rath, A., 2022. A Comparative Study of the Effectiveness of Lumbar Steroid Injection in Kambin’s Triangle Versus Conventional Transforaminal Approach for the Treatment of Lumbar Radicular Pain: A Prospective Randomised Study. *JARSS* 30, 199–206. <https://doi.org/10.54875/jarss.2022.28199>
- 379 Singh, S., Kumar, S., Chahal, G., Verma, R., 2017. Selective nerve root blocks vs. caudal epidural injection for single level prolapsed lumbar intervertebral disc – A prospective randomized study. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma* 8, 142–147. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2016.02.001>
- 380 Smith, C., Miller, D.C., Saffarian, M., McCormick, Z.L., 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, 100008. <https://doi.org/10.1016/j.inpm.2021.100008>
- 381 Smith, C.C., McCormick, Z.L., Mattie, R., MacVicar, J., Duszynski, B., Stojanovic, M.P., 2020. The Effectiveness of Lumbar Transforaminal Injection of Steroid for the Treatment of Radicular Pain: A Comprehensive Review of the Published Data. *Pain Medicine* 21, 472–487. <https://doi.org/10.1093/pm/pnz160>
- 382 Smith, C.C., Schneider, B., McCormick, Z.L., Gill, J., Loomba, V., Engel, A.J., Duszynski, B., King, W., Society, S.D. of the S.I., 2018. Risks and Benefits of Ceasing or Continuing Anticoagulant Medication for Image-Guided Procedures for Spine Pain: A Systematic Review. *Pain medicine (Malden, Mass.)* 19, 438–448. <https://doi.org/10.1093/pm/pnx152> [doi]
- 383 Smuck, M., Fuller, B.J., Yoder, B., Huerta, J., 2007. Incidence of simultaneous epidural and vascular injection during lumbosacral transforaminal epidural injections. *The Spine Journal* 7, 79–82. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2006.06.380>
- 384 Smuck, M., Maxwell, M.D., Kennedy, D., Rittenberg, J.D., Lansberg, M.G., Plastaras, C.T., 2010. Utility of the anesthetic test dose to avoid catastrophic injury during cervical transforaminal epidural injections. *The Spine Journal* 10, 857–864. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2010.07.003>

- 385 Snoek, W., Weber, H., Jørgensen, B., 1977. Double Blind Evaluation of Extradural Methyl Prednisolone for Herniated Lumbar Discs. *Acta Orthopaedica Scandinavica* 48, 635–641. <https://doi.org/10.3109/17453677708994810>
- 386 Somayaji, H.S., Saifuddin, A., Casey, A.T.H., Briggs, T.W.R., 2005. Spinal Cord Infarction Following Therapeutic Computed Tomography-Guided Left L2 Nerve Root Injection: *Spine* 30, E106–E108. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000153400.67526.07>
- 387 Soni, P., Punj, J., 2021. Ultrasound-Guided Lumbar Transforaminal Epidural Injection: A Narrative Review. *Asian Spine J* 15, 261–270. <https://doi.org/10.31616/asj.2019.0245>
- 388 Spaccarelli, K.C., 1996. Lumbar and Caudal Epidural Corticosteroid Injections. *Mayo Clinic Proceedings* 71, 169–178. <https://doi.org/10.4065/71.2.169>
- 389 Speca, S.J., Boynes, S.G., Cuddy, M.A., 2010. Allergic Reactions to Local Anesthetic Formulations. *Dental Clinics of North America* 54, 655–664. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2010.06.006>
- 390 Spijker-Huiges, A., Vermeulen, K., Winters, J.C., Van Wijhe, M., Van Der Meer, K., 2015. Epidural Steroids for Lumbosacral Radicular Syndrome Compared to Usual Care: Quality of Life and Cost Utility in General Practice. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 96, 381–387. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.10.017>
- 391 Spijker-Huiges, A., Winters, J.C., Van Wijhe, M., Groenier, K., 2014. Steroid injections added to the usual treatment of lumbar radicular syndrome: a pragmatic randomized controlled trial in general practice. *BMC Musculoskelet Disord* 15, 341. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-15-341>
- 392 Srivastava, M.K., Gupta, A.K., Mishra, S.R., Kumar, D., Ojha, B.K., Yadav, G., 2021. Role of Epidural Steroid Injection in Lumbar Spinal Stenosis—A Randomized Controlled Trial. *Indian Journal of Neurosurgery* 10, 054–060. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1719234>
- 393 Stitz, M.Y., Sommer, H.M., 1999. Accuracy of blind versus fluoroscopically guided caudal epidural injection. *Spine (Phila Pa 1976)* 24, 1371–1376. <https://doi.org/10.1097/00007632-199907010-00016>
- 394 Stochkendahl, M.J., Kjaer, P., Hartvigsen, J., Kongsted, A., Aaboe, J., Andersen, M., Andersen, M.Ø., Fournier, G., Højgaard, B., Jensen, M.B., Jensen, L.D., Karbo, T., Kirkeskov, L., Melbye, M., Morsel-Carlsen, L., Nordsteen, J., Palsson, T.S., Rasti, Z., Silbye, P.F., Steiness, M.Z., Tarp, S., Vaagholt, M., 2018. National Clinical Guidelines for non-surgical treatment of patients with recent onset low back pain or lumbar radiculopathy. *Eur Spine J* 27, 60–75. <https://doi.org/10.1007/s00586-017-5099-2>
- 395 Stratchko, L., Pitts, J., Symanski, J., Ross, A., Davis, K., Monroe, E., Rosas, H., 2023. Rationale for fluoroscopic guidance in spine injections. *Skeletal Radiol* 52, 1841–1851. <https://doi.org/10.1007/s00256-022-04181-8>
- 396 Strohmeier, M., 2015. Zwischen Indikation und Applikation: BfArM auf Abwegen. *Orthopädie & Rheuma* 18, 42.
- 397 Stueckle, Christoph.A., Talarczyk, S., Stueckle, K.F., Haage, P., 2021. CT-gesteuerte Schmerztherapie des spezifischen Rückenschmerzes: Bandscheibenschädigung vs. ossäre Degeneration. *Radiologie* 61, 758–766. <https://doi.org/10.1007/s00117-021-00850-2>

- 398 Suresh, S., Berman, J., Connell, D.A., 2007. Cerebellar and brainstem infarction as a complication of CT-guided transforaminal cervical nerve root block. *Skeletal Radiol* 36, 449–452. <https://doi.org/10.1007/s00256-006-0215-0>
- 399 Tafazal, S., Ng, L., Chaudhary, N., Sell, P., 2009. Corticosteroids in peri-radicular infiltration for radicular pain: a randomised double blind controlled trial. One year results and subgroup analysis. *Eur Spine J* 18, 1220–1225. <https://doi.org/10.1007/s00586-009-1000-2>
- 400 Tagowski, M., Lewandowski, Z., Hodler, J., Spiegel, T., Goerres, G.W., 2019. Pain reduction after lumbar epidural injections using particulate versus non-particulate steroids: intensity of the baseline pain matters. *Eur Radiol* 29, 3379–3389. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06108-9>
- 401 Teixeira, A., Barbosa, J., 2023. Paraplegia Following Ultrasound-Guided Caudal Epidural Block in Chronic Lumbosciatica: What Can Be Learned From This Complication? *Cureus* 15, e48916. <https://doi.org/10.7759/cureus.48916>
- 402 Ter Meulen, B.C., Van Dongen, J.M., Maas, E., Van De Vegt, M.H., Haumann, J., Weinstein, H.C., Ostelo, R., 2023. Effect of Transforaminal Epidural Corticosteroid Injections in Acute Sciatica: A Randomized Controlled Trial. *The Clinical Journal of Pain* 39, 654–662. <https://doi.org/10.1097/AJP.0000000000001155>
- 403 Teske, W., Zirke, S., Trippe, C., Krämer, J., Willburger, R.E., Schott, C., Theodoridis, T., Beer, A.-M., Molsberger, A., 2009. [Epidural injection therapy with local anaesthetics versus cortisone in the lumbar spine syndrome: a prospective study]. *Z Orthop Unfall* 147, 199–204. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1185525>
- 404 Theodoridis, T., Randel, U., Georgallas, C., 2019. Landmarkengestützte Injektionstechniken an der Wirbelsäule 8, 528–539.
- 405 Thomas, E., Cyteval, C., Abiad, L., Picot, M.C., Taourel, P., Blotman, F., 2003. Efficacy of transforaminal versus interspinous corticosteroid injection in discal radiculalgia – A prospective, randomised, double-blind study. *Clinical Rheumatology* 22, 299–304. <https://doi.org/10.1007/s10067-003-0736-z>
- 406 Thompson, B.F., Pingree, M.J., Qu, W., Murthy, N.S., Lachman, N., Hurdle, M.F., 2018. Descriptive Cadaveric Study Comparing the Accuracy of Ultrasound Versus Fluoroscopic Guidance for First Sacral Transforaminal Injections: A Comparison Study. *PM&R* 10, 382–390. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2017.09.008>
- 407 U.S. Food and Drug Administration, 2014. FDA Drug Safety Communication: FDA requires label changes to warn of rare but serious neurologic problems after epidural corticosteroid injections for pain [WWW Document]. URL <https://www.fda.gov/media/88483/download> (accessed 8.26.24).
- 408 Vad, V.B., Bhat, A.L., Lutz, G.E., Cammisa, F., 2002. Transforaminal Epidural Steroid Injections in Lumbosacral Radiculopathy: A Prospective Randomized Study. *Spine* 27, 11–15. <https://doi.org/10.1097/00007632-200201010-00005>
- 409 Valat, J.-P., 2003. Epidural corticosteroid injections for sciatica: a randomised, double blind, controlled clinical trial. *Annals of the Rheumatic Diseases* 62, 639–643. <https://doi.org/10.1136/ard.62.7.639>

- 410 Van Boxem, K., Huntoon, M., Van Zundert, J., Patijn, J., Van Kleef, M., Joosten, E.A., 2014. Pulsed Radiofrequency: A Review of the Basic Science as Applied to the Pathophysiology of Radicular Pain. *Regional Anesthesia and Pain Medicine* 39, 149–159. <https://doi.org/10.1097/AAP.000000000000063>
- 411 Van Boxem, K., Rijdsdijk, M., Hans, G., De Jong, J., Kallewaard, J.W., Vissers, K., Van Kleef, M., Rathmell, J.P., Van Zundert, J., 2019. Safe Use of Epidural Corticosteroid Injections: Recommendations of the WIP Benelux Work Group. *Pain Practice* 19, 61–92. <https://doi.org/10.1111/papr.12709>
- 412 Vasseljen, O., Woodhouse, A., Bjørngaard, J.H., Leivseth, L., 2013. Natural course of acute neck and low back pain in the general population: the HUNT study. *Pain* 154, 1237–1244. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2013.03.032>
- 413 Verheijen, E., Munts, A.G., Van Haagen, O., De Vries, D., Dekkers, O., Van Den Hout, W., Vleggeert-Lankamp, C., 2019. Transforaminal epidural injection versus continued conservative care in acute sciatica (TEIAS trial): study protocol for a randomized controlled trial. *BMC Neurol* 19, 216. <https://doi.org/10.1186/s12883-019-1445-9>
- 414 Vorobeychik, Y., Sharma, A., Smith, C.C., Miller, D.C., Stojanovic, M.P., Lobel, S.M., Valley, M.A., Duszynski, B., Kennedy, D.J., on behalf of the Standards Division of the Spine Intervention Society, 2016. The Effectiveness and Risks of Non-Image-Guided Lumbar Interlaminar Epidural Steroid Injections: A Systematic Review with Comprehensive Analysis of the Published Data. *Pain Med* 17, 2185–2202. <https://doi.org/10.1093/pm/pnw091>
- 415 Vydra, D., McCormick, Z., Clements, N., Nagpal, A., Julia, J., Cushman, D., 2020. Current Trends in Steroid Dose Choice and Frequency of Administration of Epidural Steroid Injections: A Survey Study. *PM&R* 12, 49–54. <https://doi.org/10.1002/pmrj.12192>
- 416 Wald, J.T., Maus, T.P., Diehn, F.E., Kaufmann, T.J., Morris, J.M., Murthy, N.S., Thielen, K.R., 2014. CT-guided cervical transforaminal epidural steroid injections: Technical insights. *Journal of Neuroradiology* 41, 211–215. <https://doi.org/10.1016/j.neurad.2013.08.004>
- 417 Wang, Y., Zhu, Y., Wang, W., Shi, Y., Yang, J., 2021. New Simple Ultrasound-Guided Transforaminal Injection in Patients With Radiculopathy in the Lower Cervical Spine: A Computed Tomography-Controlled Study. *J Ultrasound Med* 40, 1401–1409. <https://doi.org/10.1002/jum.15523>
- 418 Watkins, T.W., Dupre, S., Coucher, J.R., 2015. Ropivacaine and dexamethasone: a potentially dangerous combination for therapeutic pain injections. *J Med Imag Rad Onc* 59, 571–577. <https://doi.org/10.1111/1754-9485.12333>
- 419 Wei, G., Liang, J., Chen, B., Zhou, C., Ru, N., Chen, J., Zhang, F., 2016. Comparison of transforaminal versus interlaminar epidural steroid injection in low back pain with lumbosacral radicular pain: a meta-analysis of the literature. *International Orthopaedics (SICOT)* 40, 2533–2545. <https://doi.org/10.1007/s00264-016-3220-5>
- 420 Weil, L., Frauwirth, N.H., Amirdelfan, K., Grant, D., Rosenberg, J.A., 2008. Fluoroscopic analysis of lumbar epidural contrast spread after lumbar interlaminar injection. *Arch Phys Med Rehabil* 89, 413–416. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.08.161>

- 421 White, A.H., Derby, R., Wynne, G., 1980. Epidural injections for the diagnosis and treatment of low-back pain. *Spine (Phila Pa 1976)* 5, 78–86. <https://doi.org/10.1097/00007632-198001000-00014>
- 422 Wieschhoff, G.G., Miskin, N.P., Kim, J.S., Hamberg, L.M., Mandell, J.C., 2022. Radiation dose of fluoroscopy-guided versus ultralow-dose CT-fluoroscopy-guided lumbar spine epidural steroid injections. *Skeletal Radiol* 51, 1055–1062. <https://doi.org/10.1007/s00256-021-03920-7>
- 423 Wongjarupong, A., Pairuchvej, S., Laohapornsvan, P., Kotheeranurak, V., Jitpakdee, K., Yeekian, C., Chanplakorn, P., 2023. “Platelet-Rich Plasma” epidural injection an emerging strategy in lumbar disc herniation: a Randomized Controlled Trial. *BMC Musculoskelet Disord* 24, 335. <https://doi.org/10.1186/s12891-023-06429-3>
- 424 Yang, G., Liu, J., Ma, L., Cai, Z., Meng, C., Qi, S., Zhou, H., 2016. Ultrasound-guided Versus Fluoroscopy-controlled Lumbar Transforaminal Epidural Injections: A Prospective Randomized Clinical Trial. *The Clinical Journal of Pain* 32, 103–108. <https://doi.org/10.1097/AJP.0000000000000237>
- 425 Yates, D.W., 1978. A comparison of the types of epidural injection commonly used in the treatment of low back pain and sciatica. *Rheumatol Rehabil* 17, 181–186. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/17.3.181>
- 426 Yeom, J.S., Lee, J.W., Park, K.-W., Chang, B.-S., Lee, C.-K., Buchowski, J.M., Riew, K.D., 2008. Value of Diagnostic Lumbar Selective Nerve Root Block: A Prospective Controlled Study. *AJNR Am J Neuroradiol* 29, 1017–1023. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A0955>
- 427 Yoon, J.S., Sim, K.H., Kim, S.J., Kim, W.S., Koh, S.B., Kim, B.-J., 2005. The feasibility of color Doppler ultrasonography for caudal epidural steroid injection. *Pain* 118, 210–214. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2005.08.014>
- 428 Yoon, J.Y., Kwon, J.W., Yoon, Y.C., Lee, J., 2015. Cervical Interlaminar Epidural Steroid Injection for Unilateral Cervical Radiculopathy: Comparison of Midline and Paramedian Approaches for Efficacy. *Korean J Radiol* 16, 604. <https://doi.org/10.3348/kjr.2015.16.3.604>
- 429 Yun, Z., Wang, C., Yu, T., Yuan, T., Nie, X., He, T., Liu, R., An, J., Qi, L., Li, C., Sun, Y., Zhang, J., Liu, Q., 2022. Comparative Effects of Different Epidural Injection Approaches on Lumbosacral Radicular Pain: A Systematic Review and Network Meta-analysis. *Pain Physician* 25, 531–542.
- 430 Zargar, S., Rafie, A.N., Sosanabadi, A., Kamali, A., 2019. Addition of dexmedetomidine and neostigmine to 1.5 % lidocaine and triamcinolone for epidural block to reduce the duration of analgesia in patients suffering from chronic low back pain. *J Med Life* 12, 260–265. <https://doi.org/10.25122/jml-2019-0043>
- 431 Zhao, W., Guo, G., Wang, Q., Yang, L., 2023. Ultrasound-guided transforaminal epidural injection with fluoroscopy confirmation for the treatment of unilateral lumbar radiculopathy: A randomized controlled non-inferiority study. *Clinical Neurology and Neurosurgery* 231, 107849. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2023.107849>
- 432 Zhao, W., Wang, Y., Wu, J., Gao, X., Wei, Q., Lai, X., An, J., 2020. Long-Term Outcomes of Epidurals with Lidocaine With or Without Steroids for Lumbar Disc Herniation and Spinal Stenosis: A Meta-Analysis. *Pain Physician* 23, 365–374.

