



Spinale Ozontherapie

F. Ahlhelm¹ · R. Rotzinger¹ · M. Heesen² · H. Gebhard^{3,4} · R. Omid¹

¹ Abteilung Neuroradiologie, Zentrum für Bildgebung, Kantonsspital Baden AG, Baden, Schweiz

² Abteilung Anästhesie und Intensivmedizin, Kantonsspital Baden AG, Baden, Schweiz

³ Klinik für Traumatologie, Universitätsspital Zürich ZH, Zürich, Schweiz

⁴ Abteilung Wirbelsäulenchirurgie, Kantonsspital Baselland BL, Baselland, Schweiz

In diesem Beitrag

- Pathologie des (Rücken-)Schmerzes
- Invasive Behandlung des Rückenschmerzes
Minimal-invasive Verfahren
- Ozontherapie
Pharmakokinetik und biologische Prozesse • Durchführung und therapeutische Aspekte • Intramuskuläre Ozontherapie • Intraartikuläre Ozontherapie • Intradiskale Ozontherapie • Epidurale Ozontherapie

Zusammenfassung

Klinisches/methodisches Problem: Technische Fortschritte auf dem Gebiet der spinalen interventionellen Neuroradiologie ermöglichen es, eine breite Palette an gezielten, minimal-invasiven Behandlungsoptionen einschließlich der spinalen Ozontherapie beim Rückenschmerz anzuwenden. Dieser Beitrag gibt eine Übersicht der biochemischen, molekularen, immunologischen und pharmazeutischen Mechanismen sowie Applikationstechniken der gezielten Ozontherapie.

Radiologische Standardverfahren: Zum Einsatz kommen die Computertomographie (CT) sowie konventionelle Röntgenaufnahmen (Durchleuchtung).

Leistungsfähigkeit: Die CT-gesteuerten Interventionen (epidural, periradikuläre, Facettengelenk und intradiskal) haben den höchsten Stellenwert und haben sich historisch durchgesetzt. Durchleuchtungsgesteuerte Verfahren können ebenfalls eingesetzt werden.

Schlussfolgerung: Die Ozontherapie liefert vielversprechende Ergebnisse. Der Beitrag soll dazu dienen, Informationen über die Grundlagen dieser Technik(en) zu vermitteln.

Schlüsselwörter

Rückenschmerz · Schmerztherapie · Wirbelsäulenchirurgie · Interventionelle Neuroradiologie · Ozon

Hintergrund

Der *Rückenschmerz* ist eine verbreitete Volkskrankheit. Frauen sind etwas häufiger betroffen als Männer [1]. Die Prävalenz beträgt etwa 33 %, auf Lebenszeit 84 % [2]. In Deutschland leiden etwa 20 % der Erwachsenen an intensiven oder einschränkenden Rückenschmerzen, 10 % geben Schmerzen hoher Intensität unter teils invalidisierenden Beeinträchtigungen an [3, 4]. Vor diesem Hintergrund sind hohe volkswirtschaftliche Kosten mit dem Phänomen *Rückenschmerz* verbunden. Die direkten Kosten werden in der Bundesrepublik auf jährlich bis zu 7000 € pro Patienten beziffert, wobei die indirekten Kosten durch folgebewingte Arbeitsausfälle und Erwerbsunfähigkeit mit bis zu 75 % noch deutlich höher anzusetzen sind [5].

Die genaue Ursache von Rückenschmerzen ist oft schwer zu lokalisieren. Daher stellen sie ein Problem für Diagnose und Behandlung dar [6].

Neben unspezifischen Rückenschmerzen, die nicht selten auf körperliche Fehlbelastungen oder Bewegungsmangel zurückzuführen sind, gibt es eine Reihe spezifischer Rückenschmerzen [6]. Hierunter fallen u. a. Schmerzen durch Bandscheibenvorfälle, Wirbelgleiten, Facettengelenkarthrosen oder Spinalkanalstenosen sowie myofasziale Ursachen. Meist treten diese Veränderungen im Rahmen von Alterungsprozessen auf, sie können aber auch direkte oder indirekte Folge eines vorausgegangenen Traumas oder nach Wirbelsäuleneingriffen (im Sinne eines Gewebetraumas einschließlich Kollateralschäden durch den Operationszugang), z. B. beim „failed back surgery syndrome“ (FBSS), sein [7, 8].

Pathologie des (Rücken-)Schmerzes

Die Ursprünge von Rückenschmerzen sind divers und können auf verschiedene Gewebe, wie Muskeln, Bänder, Gelenke



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

oder Gefäße, zurückgehen [9]. Zu unterscheiden sind nozizeptive (entzündlicher Schmerz, Fraktur Schmerz, Arthritis etc.) von neuropathischen Schmerzen (posttherapeutische Neuropathie, diabetische Polyneuropathie, posttraumatische Nervenschädigung, Phantomschmerz) und deren Mischformen (lumbo- oder zervikoradikuläre Schmerzen, posttraumatischer Schmerz; [10, 11]). Der Vollständigkeit halber sei auch der noziplastische Schmerz erwähnt, den die *International Association for the Study of Pain* (IASP) 2017 als weitere Schmerzkategorie eingeführt hat.

Der nozizeptive Schmerz geht auf die sog. *Urnoxen* (wie z. B. Säure, spitzes und stumpfes Trauma, Hitze oder Kälte) zurück und dient dem Körper allgemein als wichtiger Warnhinweis für eine mögliche Schädigung der beteiligten Strukturen. Zwischen Einwirken und Gewebeschädigung läuft dabei eine komplexe biochemische und elektrophysiologische Kaskade ab, die in 4 Prozesse unterteilt werden kann [10, 11]:

1. **Transduktion:** Aktivierung der Nozizeptoren durch sog. *Urnoxen* einschließlich mechanischer, chemischer und thermischer Stimuli und Übertragung an die afferenten Nerven durch Änderung des Membranpotenzials.
2. **Transmission:** Weiterleitung des afferenten nozizeptiven Impulses im peripheren und zentralen Nervensystem unter Beteiligung folgender Neuronen:
 1. Neuron: peripherer Nerv – Spinalganglion – Hinterhorn,
 2. Neuron: Hinterhorn (Substantia gelatinosa) – Rückenmark – Thalamus,
 3. Neuron: Thalamus – Kortex,
 4. Neuron: Kortex.
3. **Modulation:** Bearbeitung der Informationen durch spezifische neuronale Hemmsysteme.
4. **Perzeption/Interozeption:** veränderte Aktivität im zentralen Nervensystem (ZNS). Bewusste oder unbewusste subjektive Schmerz Wahrnehmung und Schmerzausprägung, einschließlich willkürlicher und autonomer Reaktionen.

Der neuropathische Schmerz hat keine Warnfunktion. Er ist durch die bereits eingetretene Schädigung des somatoafferenten Systems gekennzeichnet. Es handelt sich um eine Dysfunktion des Nervensys-

tems an sich. Der neuropathische Schmerz wird als anfallsartig einschließend, eher brennend, kribbelnd und dumpf beschrieben [11].

Als noziplastische Schmerzen werden Schmerzen bezeichnet, die durch eine veränderte Nozizeption bedingt sind, jedoch ohne Nachweis einer bestehenden oder potenziellen Gewebeschädigung als Ursache einer Aktivierung peripherer Nozizeptoren und ohne Hinweise auf eine Erkrankung oder Schädigung des somatosensorischen Systems als Ursache der Schmerzen [12].

Bei chronischen Rückenschmerzen, insbesondere bei Radikulopathien, handelt es sich meist um Mischformen des nozizeptiven und neuropathischen Schmerzes [10].

Invasive Behandlung des Rückenschmerzes

Die Behandlungsoptionen des Rückenschmerzes richten sich nach deren Ursache. Das therapeutische Vorgehen ist von den subjektiven Beschwerden sowie vor allem von der neurologischen Symptomatik, nicht dem Ausmaß der radiologischen Befunde, abhängig. Die Behandlungsoptionen umfassen neben der medikamentösen und konservativen Therapie verschiedene invasive (offen-chirurgische und minimal-invasive) Verfahren [13, 14].

Wenn immer möglich, sollten die bildgesteuerten minimal-invasiven Verfahren in einem multimodalen Therapiekonzept Anwendung finden. Im Fall sog. „red flags“ ist eine notfallmäßige Abklärung einschließlich operativer Versorgung notwendig. Es handelt sich um anamnestiche und/oder klinische Warnhinweise, die auf einen gefährlichen Krankheitsverlauf bei Rückenschmerzen hindeuten können (z. B. das Konus-Kauda-Syndrom im Rahmen einer Diskusherniation oder Fieber im Rahmen einer Spondylodiszitis; [11, 15]).

Aufgrund des geringeren Gewebetraumas sind, sofern möglich, minimal-invasive Verfahren den offen-chirurgischen Operationsverfahren vorzuziehen. Für die Behandlung von Bandscheibenvorfällen hat sich die mikrochirurgische Diskektomie als Standard gegenüber der offen-chirurgischen Operation etabliert. Aus radiologischer Sicht ist jedoch zu betonen, dass

auch der mikrochirurgische Zugang mit Fibrosierungen der myofaszialen Strukturen, Denervationsverletzungen der Muskulatur sowie Störungen des osteodiskogalen Gefüges im Rahmen einhergeht (s. oben FBSS) und eine größere Gewebeschädigung als der alternative minimal-invasive Zugang mit einer 22G-Nadel bedeutet [11].

Minimal-invasive Verfahren

Bei den minimal-invasiven Techniken stehen diagnostische Infiltrationen (mittels Applikation von Lokalanästhetika) und therapeutische Infiltrationen (in Deutschland und der Schweiz vor allem Kortisonpräparate) im Vordergrund [16].

Bei pseudoradikulären Schmerzen, dem sog. *Facettensyndrom* (z. B. im Rahmen einer Entzündung der Zygapophysialgelenke) hat sich die gezielte intra- bzw. periartikuläre Infiltration der Gelenke mit Kortikoiden/Lokalanästhetika bewährt. Als symptomatische und weniger kausale Alternative stehen, bei positiver diagnostischer/therapeutischer Facettengelenkblockade und persistierenden Beschwerden, zudem die Kryodenervation und Thermoablation des Ramus dorsalis medialis des Spinalnerven zur Verfügung [16].

Die etablierten minimal-invasiven Verfahren zur Behandlung des Epiduralraums und der Nervenwurzeln umfassen die periradikuläre bzw. transforaminale Infiltration, sowie die interlaminaire Infiltration und die Sakralblockade [16].

Erweiterte minimal-invasive Verfahren schließen zudem die Behandlung der Bandscheibe und des Wirbelknochens mit ein. Hierzu zählt insbesondere die intradiskale Kortisoninjektion, die Kryoablation bzw. die Chemonukleolyse (z. B. mittels Chymopapain; [17, 18]).

Als wichtige Option im Rahmen minimal-invasiver Therapien wird weltweit zudem die spinale Ozontherapie eingesetzt. Sie ist im europäischen Raum vor allem in Italien etabliert [17] und kann z. B. analog zur chemischen Nukleolyse intradiskal Anwendung finden [18].

Im Folgenden soll im Detail näher auf die verschiedenen therapeutischen Ansätze der minimal-invasiven Ozontherapie eingegangen werden.

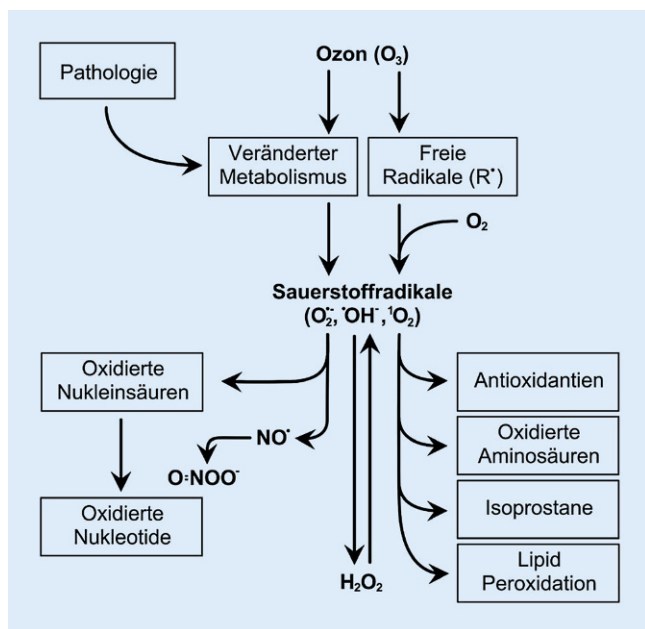


Abb. 1 ◀ Übersicht über Interaktionen von Ozon in biologischen Systemen. (Mod. nach [17])

Ozontherapie

Pharmakokinetik und biologische Prozesse

Ozon (O_3) ist ein aus 3 Sauerstoffatomen aufgebautes Gas. Es kommt in größeren Mengen natürlich in höheren Schichten der Erdatmosphäre vor. In der Stratosphäre besitzt es eine Konzentration von etwa 16–20 mg/m³. In Wasser (H_2O) besitzt Ozon gegenüber molekularem Sauerstoff (O_2) eine etwa 10-fach höhere Löslichkeit (etwa 50 ml O_3 /100 ml H_2O bei 0 °C), d. h. es reagiert sofort bei Kontakt mit wasserreichen Geweben. Ozon ist nach Fluor und Persulfat eines der stärksten bekannten Oxidationsmittel. Unter normalen Bedingungen ist Ozon nicht lagerungsfähig (Halbwertszeit etwa 1 h bei Raumtemperatur) und muss vor Ort elektrophoretisch mittels eines Ozongenerators mittels Hochvolt-Technik (5–13 Megavolt) hergestellt werden. Dabei wird ein Gasgemisch mit etwa 95 % Sauerstoffanteil und etwa 5 % Ozon gewonnen, wobei darauf zu achten ist, dass das Gasgemisch nicht inhaliert wird [19].

Da Ozon in Wasser gelöst ausgesprochen reaktionsfreudig ist, erzeugt es in biologischen Systemen als sog. „Pro-Drug“ einen hohen oxidativen Stress, insbesondere in Systemen, die selbst einen hohen Wasseranteil besitzen. Der Wirkmechanismus des Ozons im biologischen Gewebe ist

aufgrund der Vielzahl der verschiedenen beteiligten Systeme komplex. Zusammengefasst kommt es zu einer Hochregulation des endogenen antioxidativen Systems, zu einer Aktivierung des Immunsystems und zu einer Unterdrückung verschiedener Entzündungs- und Schmerzmediatoren (vermittelt durch *Hypoxia inducible factor-1a* (HIF1A), *Nuclear factor of activated T-cells* (NFAT), *Nuclear factor-erythroid 2-related factor 2* (NRF2) bzw. *Antioxidant response element* (ARE) *activated Protein-1*; [19, 20]).

In **Abb. 1** wird eine Übersicht über die Interaktion von Ozon in biologischen Systemen gegeben [18].

Man geht außerdem davon aus, dass es indirekt über die Bildung von Sauerstoffradikalen wie Wasserstoffperoxid (H_2O_2) und Lipoperoxiden mit deren Oxidationsprodukten zur Aktivierung des deszendierenden antinozizeptiven Systems kommt, mit analgesierender Wirkung [21]. Auf Ebene des 2. und 3. Neurons (z. B. Thalamus und Kortex, s. oben) blockieren Endorphine zentral die Transmission. Zudem vermutet man über die Oxygenierung positive indirekte Effekte peripher auf die Muskelrelaxation und Gefäßdilatation [19, 21].

Durchführung und therapeutische Aspekte

Abgesehen von den bekannten Risiken, die minimal-invasiven Eingriffen an der

Wirbelsäule inhärent sind, ist die korrekt durchgeführte, intradiskale Ozontherapie unter strenger Berücksichtigung geeigneter Ozonkonzentrationen risikoarm und gut verträglich [21]. Bis heute sind ernste Komplikationen selten beschrieben. Schwächeanfälle bzw. vasovagale Reaktionen können selten auftreten [18]. Es empfiehlt sich neben einer langsamen Injektion und Beachtung von Höchstkonzentrationen ein entsprechend angepasstes Blutdruck-, Frequenz-Monitoring mittels EKG und Blutsättigungskontrolle sowie ein intravenöser Zugang, auch zur Schmerzmedikation und ggf. Anxiolyse bzw. Sedierung.

Allergische Reaktion auf eine Ozonanwendung sind nicht zu erwarten, da sowohl Ozon als auch Sauerstoff keine allergene Potenz besitzen. Die fehlende allergische Potenz ist neben den geringen Kosten des Ozons (abgesehen von der Gerätebeschaffung) ein weiterer Vorteil im Vergleich zu den Medikamenten wie Lokalanästhetika und sogar Glukokortikoiden.

Spinale Ozontherapien können nach Schmerzsache unterteilt werden (**Abb. 2**):

- intramuskulär,
- intraartikulär,
- intradiskal (Ozonnukleolyse),
- epidural (interlaminär oder transforaminal).

Intramuskuläre Ozontherapie

Der einfachste Ansatz der Ozontherapie geht zurück auf den Italiener und Vorreiter der Ozontherapie C. Verga. Bereits 1988 führte er die intramuskuläre Ozontherapie zur einfachen, risikoarmen und kostengünstigen Behandlung bei Rückenschmerz ein [22].

Es werden 5–10 ml einer 20%igen Sauerstoff-Ozon-Lösung direkt in Triggerpunkte der Paravertebralmuskeln injiziert. Eine Bildsteuerung des ambulanten Eingriffs ist dazu nicht erforderlich. Nach der Behandlung wird der Patient etwa 30 min überwacht [22].

Intraartikuläre Ozontherapie

Bei der intraartikulären Ozontherapie stehen klinisch Lumbalgie und pseudoradikuläre Schmerzen im Vordergrund, die bei

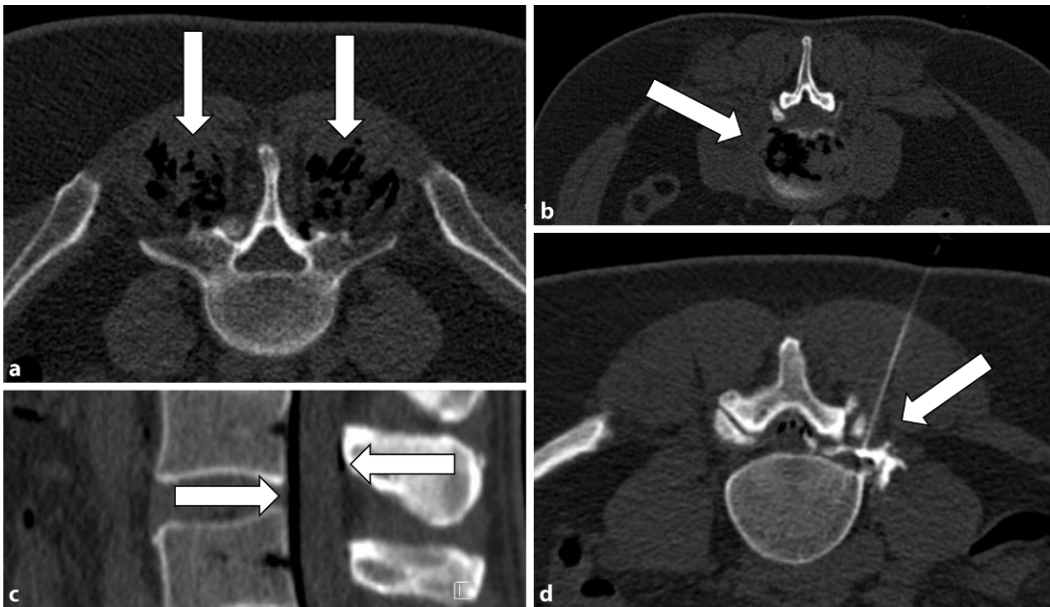


Abb. 2 ◀ Anwendungsbeispiele der Computertomographie(CT)-gesteuerten, lumbalen Ozon-Injektionstechniken. Die Pfeile zeigen die vier möglichen Wege einer Verabreichung von Ozon. **a** Intramuskulärer Zugang. **b** Intradiskaler Zugang. **c** Epiduraler interlaminärer Zugang. **d** Epidural-transforaminaler Zugang

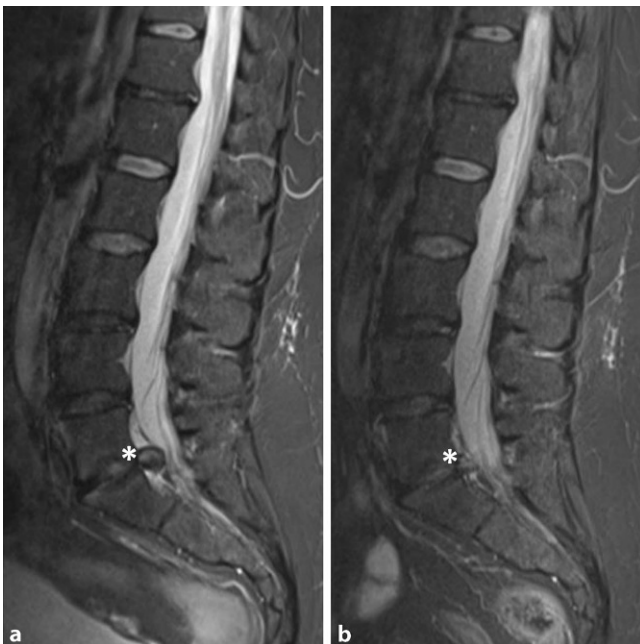


Abb. 3 ◀ Magnetresonanztomographie (MRT) der Lendenwirbelsäule (LWS) in STIR-Sequenz (Short-Tau Inversion Recovery), sagittale Darstellung der LWS. **a** Stenosierender Bandscheibenvorfall L5/S1 (Sternchen). **b** Nach erfolgreicher intradiskaler Ozontherapie. Signifikante Volumenreduktion der Diskhernie (Sternchen)

langem Stehen und Gehen, insbesondere unter Reklination und Rotation in Richtung des pathologischen Gelenks, exazerbieren. Häufig sind die Beschwerden mit einer Hyperalgesie sowie lokaler Druckschmerzhaftigkeit vergesellschaftet [23].

Der Eingriff kann mittels Fluoroskopie oder CT durchgeführt werden. In der Durchführung und therapeutischen Effektivität entspricht die intraartikuläre Ozontherapie weitgehend der Standardtechnik mittels intra- bzw. periartikulärer Injektionsbehandlung mit Steroiden und Lokalanästhetika. Wie bei der epidura-

len und intradiskalen Behandlung kann aufgrund des Negativkontrastes durch das O_3/O_2 -Gasgemisch auf eine intravenöse Röntgenkontrastmittelgabe verzichtet werden [23].

Intradiskale Ozontherapie

Die intradiskale Ozontherapie kann eine Behandlungsalternative zur mikrochirurgischen Diskektomie bzw. zur minimal-invasiven Chemonukleolyse (z. B. mittels Chymopapain) darstellen. Ozon fördert in der Bandscheibe über H_2O_2 und OH -den Ab-

bau verschiedener Kollagene des Nucleus pulposus (Kollagen Typ I und Typ II) und die Matrixdegeneration. So führt es zu einer beschleunigten Resorption und Volumenminderung des geschädigten Bandscheibengewebes und zu einer verminderten mechanischen Reizung und letztlich fokalen Entzündung des umliegenden Gewebes (Abb. 3). Zudem vermutet man über die Freisetzung bestimmter Gewebefaktoren (über *Transforming growth factor-beta 1* [TGF-beta 1] bzw. *Basic fibroblast growth factor* [bFGF]) einen positiven Effekt auf die Reorganisation und beginnende Fibrosierung des Bandscheibengewebes [19].

Die geschädigte Bandscheibe wird über den posterolateralen Kambin-Zugang unter bildgebender Kontrolle mittels Durchleuchtung oder CT mit der 22G-Nadel punktiert. Anschließend werden 3–10 ml Sauerstoff-Ozon-Lösung langsam unter Bildkontrolle injiziert. Generell reichen im Bandscheibengewebe bereits niedrige O_3 -Konzentrationen, um ausreichend oxidativen Stress für eine adäquate Reaktion zu induzieren (etwa $20 \mu\text{g/ml}$; [24]). Einige Autoren empfehlen eine limitierte Konzentration von $18\text{--}25 \mu\text{g/ml}$, da Konzentrationen $>20 \mu\text{g/ml}$ als schmerzhaft erlebt werden können und die Gefahr vasovagaler Reaktionen steigt. Konzentrationen über $30 \mu\text{g/ml}$ sollten nicht überschritten werden. Bei Dosierungen $<18 \mu\text{g/ml}$ sinkt die Effektivität der Behandlung. Der Patient wird über etwa 3 h

nach dem Eingriff überwacht [18]. Die Behandlung kann entsprechend im ambulanten Rahmen durchgeführt werden [25].

Epidurale Ozontherapie

Über die gezielte epidurale Ozonbehandlung beim FBSS gibt es noch nicht viele publizierte Studien. Analog zu den oben beschriebenen prinzipiellen Mechanismen reagiert das Ozon mit organischen Molekülen und hat über mehrere enzymatische und nichtenzymatische Puffersysteme eine entsprechende entzündungshemmende und schmerzstillende Wirkung. Aktuelle Hypothesen legen nahe, dass eine chemische Adhäsolyse der assoziierten Narbenfibrose und die Dehydrierung des Bandscheibengewebes verstärkt wird [26].

Bei der epiduralen Behandlung unterscheidet man zwischen dem interlaminaeren und transforaminalen Zugang (s. oben). Der epidurale Zugang über den Hiatus sacralis scheint für die Ozontherapie aktuell nicht relevant. Bei Einsatz von Kortikoiden und Lokalanästhetika scheint der transforaminale Zugang in der Regel dem interlaminaeren Zugang überlegen. Bei Einsatz von Ozon ist hingegen unklar, welcher Zugang zu bevorzugen ist. Wahrscheinlich spielt hier die Lokalisation der Fibrosierung eine Rolle (z. B. einseitig umschrieben mit Bezug zum Foramen vs. zirkumferentes Narbengewebe).

Die Ozontherapie kann auch mit Steroiden und Lokalanästhesie kombiniert werden. Sie scheint bei der intradiskalen und transforaminalen Behandlung der reinen Behandlung mit Steroid und Lokalanästhetikum überlegen [27]. So berichtete beispielsweise die Arbeitsgruppe um Bonetti et al., dass eine mit Ozon behandelte Gruppe innerhalb der 6-monatigen Nachbeobachtungszeit eine deutlichere Verbesserung zeigte als Patienten, die nur eine Steroidinjektion erhielten. Zusätzlich zu der Rolle von Ozon bei FBSS berichtet die Arbeitsgruppe auch eine analgetische Wirkung bei Lumbago mit Radikulopathie [28].

Fazit für die Praxis

- Die Ozontherapie liefert vielversprechende Ergebnisse, ihr wird jedoch in Fachkrei-

Spinal ozone therapy

Clinical/methodological problem: Technical advances in the field of spinal interventional neuroradiology allow the application of a wide range of targeted, minimally invasive treatment options including targeted spinal ozone therapy for back pain. This article provides an overview of the biochemical, molecular, immunologic, and pharmaceutical mechanisms and delivery techniques of targeted ozone therapy.

Standard radiological methods: Computed tomography (CT), conventional X-ray (fluoroscopy).

Performance: Computed tomography-guided interventions (epidural, periradicular, facet joint, and intradiscal) have the highest place value and have historically prevailed. Fluoroscopy-guided procedures may also be used.

Practical recommendations: Ozone therapy provides promising results. The article is intended to provide information on the basics of the technique(s).

Keywords

Back pain · Pain therapy · Spinal surgery · Interventional neuroradiology · Ozon

sen immer noch mit Vorbehalten begegnet.

- Der Beitrag soll dazu dienen, diese Vorbehalte zu relativieren und Informationen über Grundlagen dieser Technik(en) vermitteln.

terials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Korrespondenzadresse

Dr. med. R. Omid

Abteilung Neuroradiologie, Zentrum für Bildgebung, Kantonsspital Baden AG
Baden, Schweiz
Reza.Omid@ksb.ch

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. F. Ahlhelm, R. Rotzinger, M. Heesen, H. Gebhard und R. Omid geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Ma-

Literatur

1. Jöud A, Petersson IF, Englund M (2012) Low back pain: the epidemiology of consultations. *Arthritis Care Res* 64(7):1084–1088. <https://doi.org/10.1002/acr.21642>
2. Walker BF (2000) The prevalence of low back pain: a systematic review of the literature from 1966 to 1998. *J Spinal Disord* 13(3):205–217. <https://doi.org/10.1097/00002517-200006000-00003>
3. Schmidt CO, Kohlmann T (2005) Was wissen wir über das Symptom Rückenschmerz? Epidemiologische Ergebnisse zu Prävalenz, Inzidenz, Verlauf, Risikofaktoren [What do we know about the symptoms of back pain? Epidemiological results on prevalence, incidence, progression and risk factors. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 143(3):292–298. <https://doi.org/10.1055/s-2005-836631>
4. Schmidt CO, Kohlmann T (2007) Rückenschmerzen in Deutschland – ein epidemiologischer Überblick. *Klinikarts* 36:680–684
5. Juniper M, Le TK, Mladi D (2009) The epidemiology, economic burden, and pharmacological treatment of chronic low back pain in France, Germany, Italy, Spain and the UK: a literature-based review. *Expert Opin Pharmacother* 10(16):2581–2592. <https://doi.org/10.1517/14656560903304063>
6. Schwill C (2021) Rückenschmerzen in der Hausarztpraxis: Der spezifische Rückenschmerz [Back pain in the primary care setting: Specific back pain]. *Internist* 62(1):34–46. <https://doi.org/10.1007/s00108-020-00919-5>
7. Moore RJ (2000) The vertebral end-plate: what do we know? *Eur Spine J* 9(2):92–96. <https://doi.org/10.1007/s005860050217>
8. Schofferman J, Reynolds J, Herzog R, Covington E, Dreyfuss P, O'Neill C (2003) Failed back surgery: etiology and diagnostic evaluation. *Spine J* 3(5):400–403. [https://doi.org/10.1016/s1529-9430\(03\)00122-0](https://doi.org/10.1016/s1529-9430(03)00122-0)
9. Reith W, Nabhan A, Kelm J, Naumann N, Ahlhelm F (2006) Differenzialdiagnose des Rückenschmerzes

- [Differential diagnosis of back pain]. *Radiologe* 46(6):443–453. <https://doi.org/10.1007/s00117-006-1383-6>
10. Nijs J, Apeldoorn A, Hallegraeff H et al (2015) Low back pain: guidelines for the clinical classification of predominant neuropathic, nociceptive, or central sensitization pain. *Pain Physician* 18(3):E333–E346
 11. Ahlhelm F, Naumann N, Maher A, Shariat K, Ulmer S (2019) Degenerative Bandscheibenprozesse : Aktuelles zur Befundung [Degenerative intervertebral disc processes : Current aspects of diagnosis]. *Radiologe* 59(10):925–938. <https://doi.org/10.1007/s00117-019-00595-z>
 12. Schlereth T (2020) Guideline „diagnosis and non interventional therapy of neuropathic pain“ of the German Society of Neurology (deutsche Gesellschaft für Neurologie). *Neurol Res Pract* 2:16. <https://doi.org/10.1186/s42466-020-00063-3>
 13. Kreuzkamp B (2011) Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften. Nationale Versorgungsleitlinie Kreuzschmerz [National care guideline for back pain] [published correction appears in *Med Monatsschr Pharm.* 2011 Jun;34(6):208]. *Med Monatsschr Pharm* 34(5):170–176
 14. Gangl M (2020) Spezifischer Kreuzschmerz – die erste Leitlinie. *Man Med* 58:46–52. <https://doi.org/10.1007/s00337-019-00630-z>
 15. Rotzinger R, Omid R, Gebhard H, Shariat K, Ahlhelm F (2021) Spondylodiszitis und epiduraler Abszess [Spondylodiscitis and epidural abscesses]. *Radiologe* 61(3):275–282. <https://doi.org/10.1007/s00117-021-00814-6>
 16. Ignjatovic S, Omid R, Kubik-Huch RA, Anderson S, Ahlhelm FJ (2018) The retroneural approach: an alternative technique for lumbar transforaminal epidural steroid injections. *Acta Radiol* 59(12):1508–1516. <https://doi.org/10.1177/0284185118762248>
 17. Costa T, Linhares D, Ribeiro da Silva M, Neves N (2018) Ozone therapy for low back pain. A systematic review. *Acta Reumatol Port* 43(3):172–181
 18. Bocci V, Borrelli E, Zanardi I, Travagli V (2015) The usefulness of ozone treatment in spinal pain. *Drug Des Devel Ther* 9:2677–2685. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S74518>
 19. Di Paolo N, Bocci V, Gaggiotti E (2004) Ozone therapy. *Int J Artif Organs* 27(3):168–175. <https://doi.org/10.1177/039139880402700303>
 20. Braidy N, Izadi M, Sureda A et al (2018) Therapeutic relevance of ozone therapy in degenerative diseases: Focus on diabetes and spinal pain. *J Cell Physiol* 233(4):2705–2714. <https://doi.org/10.1002/jcp.26044>
 21. Pecorelli A, Bocci V, Acquaviva A et al (2013) NRF2 activation is involved in ozonated human serum upregulation of HO-1 in endothelial cells. *Toxicol Appl Pharmacol* 267(1):30–40. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2012.12.001>
 22. Biazzo A, Corriero AS, Confalonieri N (2018) Intramuscular oxygen-ozone therapy in the treatment of low back pain. *Acta Biomed* 89(1):41–46. <https://doi.org/10.23750/abm.v89i1.5315>
 23. Bonetti M, Fontana A, Martinelli FG (2008) Pellicanò. Ozone injection therapy for 16 lumbar facet joint syndrome. A prospective study. *Int J Ozone Ther* 7(1):16–12
 24. Borrelli E (2011) Mechanism of action of oxygen ozone therapy in the treatment of disc herniation and low back pain. *Acta Neurochir Suppl* 108:123–125. https://doi.org/10.1007/978-3-211-99370-5_19
 25. Verga C (1989) Nuovo approccio terapeutico alle ernie e protrusioni discali lombari [New therapeutic approach to lumbar disc herniations and protrusions]. *Riv Neuroradiol* 2:148
 26. Bocci VA (2006) Scientific and medical aspects of ozone therapy. *State of the art. Arch Med Res* 37(4):425–435. <https://doi.org/10.1016/j.jarmed.2005.08.006>
 27. Gallucci M, Limbucci N, Zugaro L et al (2007) Sciatica: treatment with intradiscal and intraforaminal injections of steroid and oxygen-ozone versus steroid only. *Radiology* 242(3):907–913. <https://doi.org/10.1148/radiol.2423051934>
 28. Bonetti M, Fontana A, Cotticelli B, Volta GD, Guindani M, Leonardi M (2005) Intraforaminal O(2)-O(3) versus periradicular steroidal infiltrations in lower back pain: randomized controlled study. *AJNR Am J Neuroradiol* 26(5):996–1000

Radio-Onko Update: Topaktuell und praxisnah

19. und 20. November in Berlin

Umfangreiches Update-Wissen so flexibel wie noch nie: Erstmals findet das Radioonkologie-Update-Seminar als Hybridveranstaltung statt. Bilden Sie sich vor Ort mit Kolleginnen und Kollegen oder bequem von Zuhause aus fort. Die Zertifizierung ist für beide Formate beantragt.

Das Update-Konzept: Die wichtigsten Neuerungen des vergangenen Jahres aus der Radioonkologie werden unter der wissenschaftlichen Leitung von Prof. Dr. Simone Marnitz (Köln), Prof. Dr. Stephanie E. Combs (München) und Prof. Dr. Cordula Petersen (Hamburg) kritisch selektiert, analysiert und zusammengefasst. Die Relevanz für den Klinik- und Praxisalltag der Ärztinnen und Ärzte steht dabei im Vordergrund und der ausführlichen Diskussion vor Ort oder über den Livechat mit den Referierenden wird viel Raum gegeben.

In diesem Jahr werden neben den Kerngebieten der Radioonkologie die Hot Topics »Partikeltherapie«, »Re-Bestrahlung«, »Hyperthermie« und »Palliativmedizin« vorgestellt.

Zum Gesamtpaket der Teilnahme gehören neben den umfangreichen Seminarunterlagen der Download aller Vortragspräsentationen und die Vorträge im Nachgang als Video-on-Demand auf der Videoplattform »streamed-up.com«.

Weitere Informationen zu Programm, Referierenden und zur Anmeldung: radio-onko-update.com

Veranstalter:
med update GmbH
Hagenauer Straße 53
65203 Wiesbaden

