

Journal für

Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie

www.kup.at/
JNeurolNeurochirPsychiatr

Zeitschrift für Erkrankungen des Nervensystems

**Präzise Chirurgie an der
Lendenwirbelsäule: die Rolle der
spinalen Endoskopie bei chronisch
degenerativen Prozessen // Precise
surgery in lumbar spine – spinal
endoscopy in chronic degenerative
diseases**

Thomae W, Senker W, Gruber A

Journal für Neurologie

Neurochirurgie und Psychiatrie

2025; 26 (4), 93-99

Homepage:

www.kup.at/

JNeurolNeurochirPsychiatr

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche

Indexed in
EMBASE/Excerpta Medica/BIOBASE/SCOPUS

Krause & Pachernegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz

P.b.b. 02Z031117M,

Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21

Preis: EUR 10,-

Häufig Migräne?

Führen Sie ein Migränetagebuch und sprechen Sie mit Ihrem Neurologen.

Für das Migränetagebuch
Scan mich!



KOPF
KLAR

Präzise Chirurgie an der Lendenwirbelsäule: die Rolle der spinalen Endoskopie bei chronisch degenerativen Prozessen

W. Thomae, W. Senker, A. Gruber

Kurzfassung: Spinale Endoskopie hat sich in den letzten Jahren als minimal-invasive Alternative zur offenen Chirurgie entwickelt, mit dem Vorteil reduzierter zugangsbedingter Gewebeschäden und den daraus resultierenden Benefits. Die Ursprünge reichen in die Siebzigerjahre des letzten Jahrhunderts zurück. Die Technik wurde durch Integration von modernen Kamera-, Spül- und Frässystemen sowie der Einführung von neuen Zugangstrajektorien wie dem Kambin-Korridor weiterentwickelt.

Transforaminäre und interlaminäre Zugänge ermöglichen die zielgerichtete Dekompression von neuralen Strukturen. Vollendoskopische Eingriffe der Lendenwirbelsäule zeigen vergleichbare oder überlegene klinische Ergebnisse im Vergleich zur offenen Chirurgie von Bandscheibenvorfällen oder Wirbelkanalstenose – bei geringerem postoperativem Schmerz und früherer Mobilisation. Der bedeutendste Nutzen liegt vor allem bei gering bis mäßig komplexen Eingriffen wie der endoskopischen Operation von lumbalen Bandscheibenvorfällen und Spinalkanalstenosen.

Trotz Lernkurve kann strukturiertes Training eine sichere Anwendung ermöglichen. Schon in frühen Phasen profitieren die Patienten durch die geringe Invasivität. Die Investitionskosten relativieren sich

durch kürzere OP-Zeiten und die günstige Komplikationsrate. Die spinale Endoskopie der Lendenwirbelsäule ergänzt offene Verfahren als moderner Bestandteil integrativer Wirbelsäulenchirurgie – technisch, klinisch und wirtschaftlich.

Schlüsselwörter: vollendoskopische Wirbelsäulenchirurgie, vollendoskopische Diskektomie, vollendoskopische Dekompression, Lernkurve, transforaminärer Zugang, interlaminärer Zugang, Kosteneffizienz, Kambin-Dreieck, minimale Invasivität

Abstract: Precise surgery in lumbar spine – spinal endoscopy in chronic degenerative diseases. Spinal endoscopy has emerged recently as a minimally invasive alternative to open surgery, offering the advantage of reduced access-related tissue damage and associated clinical benefits. Its origins date back to the 1970s. The technique has been further developed through the integration of modern camera, irrigation, and drilling systems, as well as the introduction of new access trajectories such as the Kambin corridor.

Transforaminal and interlaminar approaches allow for targeted decompression of neural structures.

Full-endoscopic procedures in the lumbar spine demonstrate clinical outcomes comparable to or superior to open surgery for disc herniation and spinal canal stenosis – while resulting in less postoperative pain and earlier mobilisation. The greatest benefit is seen in low to moderately complex procedures, such as endoscopic treatment of lumbar disc herniations and spinal stenosis.

Despite the learning curve, structured training enables safe application. Patients benefit from reduced invasiveness even in the early stages of a surgeon's adoption. Initial investment costs are offset by shorter operating times and a favourable complication profile. Lumbar spinal endoscopy complements open procedures as a modern component of integrative spine surgery – technically, clinically, and economically. **J Neurol Neurochir Psychiatr 2025; 26 (4): 93–9.**

Keywords: full-endoscopic spine surgery, full-endoscopic discectomy, full-endoscopic decompression, learning curve, transforaminal approach, interlaminar approach, cost efficiency, Kambin triangle, minimal invasiveness

Abkürzungen:

FE	full-endoscopic (vollendoskopisch)
k. A.	keine Angabe
MI	microscopic (mikroskopisch)
mo	Monate
ODI	Oswestry Disability Index (funktioneller Outcome-Score)

■ Einleitung

In den letzten Jahrzehnten nimmt die Zahl der endoskopischen Eingriffe weltweit zu [1]. Der Trend von offenen, großflächigen Operationen verlagert sich zu minimalinvasiven und gewebeschonenden Techniken. Dieser Paradigmenwechsel greift das Hippokratische Prinzip der Schadensminimierung auf. Grundlage hierfür sind präzise Diagnostik und eine zielgerichtete Therapieplanung mit dem Ziel, Komorbiditäten zu reduzieren sowie kurz- und langfristige Erwartungen zu berücksichtigen.

Diese chirurgische Entwicklung ist exemplarisch am Beispiel der endoskopischen Wirbelsäulenchirurgie zu sehen [2]. Weltweit haben Chirurgen begonnen, die Lernkurve zu meistern, um diese Technik in das bestehende wirbelsäulenchirurgische Repertoire zu implementieren.

Hierbei steht die Länge des Hautschnittes nicht allein im Fokus, sondern die reale gewebliche Invasivität des Eingriffs – also das Ausmaß an zugangsbedingten Kollateralschäden von Muskel-, Nerven- und Gelenksstrukturen.

Vor dem Hintergrund einer sich ändernden gesellschaftlichen Patientenstruktur mit steigenden Erwartungen an die Therapie und Behandler und dem Wunsch nach schneller Rückkehr in den beruflichen und sportlichen Alltag gewinnen spinal-endoskopische Techniken an Relevanz.

Dieser Beitrag gibt einen systematischen Überblick über die technischen Grundlagen, Indikationen und Limitationen der Methodik und ordnet sie basierend auf dem aktuellen wissenschaftlichen Stand aus neurologisch-neurochirurgischer Perspektive ein.

Eingelangt am: 31.07.2025, angenommen am: 04.08.2025

Aus der Universitätsklinik für Neurochirurgie, Johannes-Kepler-Universität Linz, Kepler Universitätsklinikum Linz

Korrespondenzadresse: OA Dr. Wolfgang Thomae, Universitätsklinik für Neurochirurgie, Johannes-Kepler-Universität, Kepler Universitätsklinikum Linz, Neuromed-Campus, A-4020 Linz, Wagner-Jauregg-Weg 15, E-Mail: wolfgang.thomae@kepleruniklinikum.at

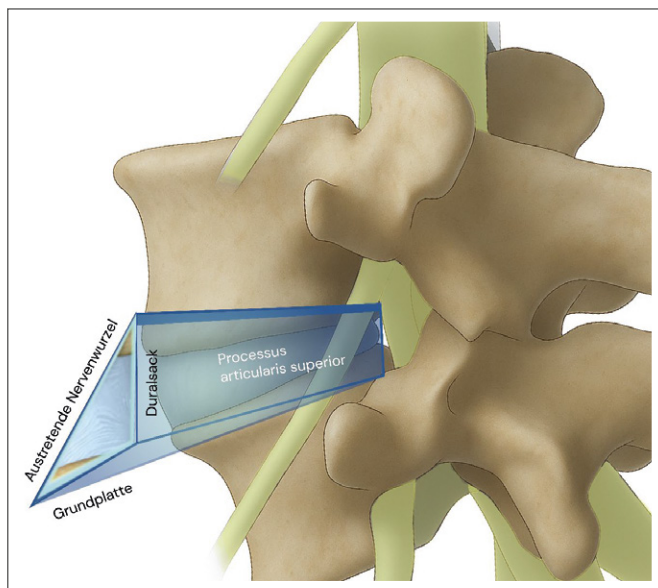


Abbildung 1: Kambin-Dreieck und Kambin-Korridor: Das Kambin-Dreieck weist die Form eines rechtwinkligen Dreiecks auf und wird durch die austretende Nervenwurzel (Hypotenuse), den Duralsack, den Processus articularis superior des Facettengelenkes und die Grundplatte (Basis) begrenzt. Der Kambin-Korridor stellt einen prismaförmigen, dreidimensionalen Arbeitskorridor zur Intervention am Kambin-Dreieck dar, über den Strukturen oberhalb und unterhalb des Bandscheibenraumes erreicht werden können.



Abbildung 2: Spinales Endoskop mit angulierter Optik und Funktionskanälen: distale Ansicht eines vollendoskopischen Systems für lumbale Wirbelsäuleneingriffe (VERTEBRIS stenosis®, RIWOspine GmbH, 75438 Knittlingen, Germany). Zu erkennen ist die angulierte Optik mit einem Blickwinkel von 20°, die eine erweiterte Visualisierung des Operationsfeldes ermöglicht. Der Sichtkegel ist dadurch weiter als der Innendurchmesser der Führungshülse und bietet übersichtliche Operationsbedingungen. In der Mitte der Endoskopspitze befinden sich 2 paarig angeordnete Spülausgänge, die der kontinuierlichen Irrigation und Aufrechterhaltung des hydrostatischen Druckes im Operationsfeld dienen. Zentral gelegen ist der Arbeitskanal, durch den Fasszangen, Koagulationssonden und Fräsen eingebracht werden. Diese Konstruktion ermöglicht eine coaxiale Führung von Optik und Instrumenten über einen einzigen Zugangskanal („uniportaler Zugang“), wodurch das umliegende Gewebe maximal geschont wird.

■ Prinzipien und Entwicklung der Zugangstechniken in der endoskopischen Wirbelsäulenchirurgie

Die Geschichte der endoskopischen Wirbelsäulenchirurgie beginnt in den frühen 1970er Jahren, als Parviz Kambin und Sadahisa Hijikata – zeitgleich und unabhängig voneinander – einen perkutanen Zugang zum Bandscheibenraum entwickelten. Dieser erfolgte über den unteren Abschnitt des Neuroforamens und markierte die Geburtsstunde des transforaminären Zugangs [3]. Mithilfe der Fluoroskopie, wenngleich noch ohne direkte Kerasicht, gelang es, Instrumente sicher im Bereich der betroffenen Bandscheibe zu platzieren und eine perkutane Diskektomie durchzuführen. Einen entscheidenden Beitrag zur anatomischen Orientierung lieferte die Beschreibung des „Kambin-Dreiecks“, einer sicheren „Landezone“ im Neuroforamen (Abb. 1).

Einen weiteren Meilenstein stellte die Integration einer Kerasoptik an der Endoskopspitze dar, kombiniert mit einem kontinuierlichen Spülkanal zur Aufrechterhaltung eines hydrostatischen Drucks. Diese Innovation – bekannt geworden durch Yeung (YESS-Endoskop) – ermöglichte nicht nur eine klare Visualisierung, sondern auch eine effektive Blutstillung [4].

Schubert und Hoogland erweiterten das Spektrum des transforaminären Zugangs durch das sogenannte „Reaming“, ein Verfahren zur schonenden Foraminotomie, das den Zugang vergrößert und die austretende Nervenwurzel im Neuroforamen dekomprimiert [5].

Im Jahr 2008 beschrieb Ruetten erstmals den interlaminären Zugang, der vor allem bei kranial herniierten Bandscheibenpathologien Anwendung findet [6]. Die wachsende Akzeptanz der Technik mündete 2019 in einem Konsensus-Meeting, bei dem eine erste systematische Klassifikation spinaler endoskopischer Verfahren entwickelt wurde [7]. Die technische Entwicklung schritt weiter fort – besonders ab Mitte der 1990er Jahre. Heute sind moderne vollendoskopische Systeme der 5. Generation verfügbar. Diese verfügen über eine integrierte 4K-Kamera, einen kontinuierlichen Spülkanal sowie einen Arbeitskanal zur Führung von Fasszangen, Fräsen oder bipolaren Koagulationssonden.

Im Unterschied zur endoskopisch assistierten Technik, bei der Instrumente parallel zum Sichtkanal geführt werden, definierten Ruetten und Komp den Begriff „voll-endoskopisch“ als Technik mit integrierter Sicht- und Arbeitsführung über einen einzigen Zugang. Diese Methode hat sich kontinuierlich weiterentwickelt und bildet heute das Fundament zahlreicher standardisierter Indikationen in der endoskopischen Wirbelsäulenchirurgie (Abb. 2).

Der transforaminäre Zugang

Der transforaminäre Zugang (Abb. 3) ist der weltweit häufigste angewandte endoskopische Zugang und ist geeignet für Eingriffe an Brust- und Lendenwirbelsäule [8]. Das Endoskop wird im Kambin-Dreieck (siehe Abbildung 1) positioniert. Im Gegenzug zum interlaminären Zugang wird hierbei zuerst

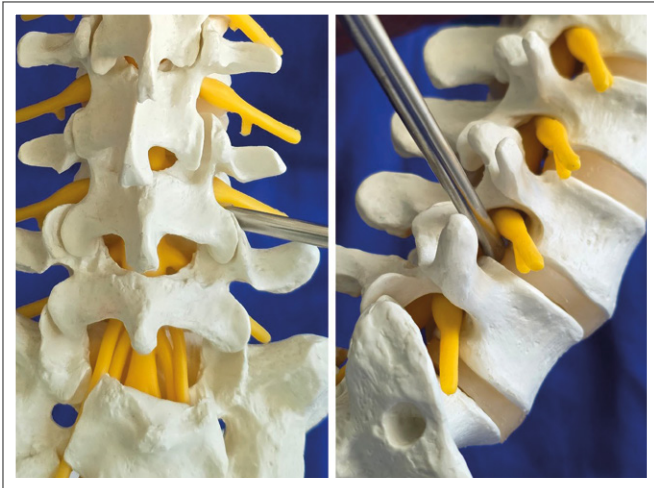


Abbildung 3: Darstellung des transforaminären endoskopischen Zugangs zur Lendenwirbelsäule am 3D-Modell. **Links:** Posteriorer Blick mit Darstellung des endoskopischen Zugangs zum Segment L4/5 rechts. Das Endoskop wird unterhalb der austretenden Nervenwurzel L4 positioniert. **Rechts:** Seitlicher Blick auf dasselbe Modell mit Darstellung des Neuroforamens. Die Endoskopspitze wird im Zentrum des Kambin-Dreiecks positioniert und stellt die Beziehung der anatomischen Landmarken wie austretende Nervenwurzel, Duralsack, Facettengelenk und Grundplatte dar.

die Bandscheibe visualisiert und erst sekundär die nervalen Strukturen.

Die „Inside-out“-Technik umfasst die Dekompression der dorsalen Bandscheiben-Elemente mit Entlastung der nervalen Strukturen. Im zeitlichen Verlauf wurde ein philosophischer Shift durch Hoogland und Schubert eingeleitet, der eine initiale Darstellung der umgebenden Strukturen verlangt und erst sekundär eine Diskektomie möglich macht. Diese „Outside-in“-Technik entspricht dem klassischen wirbelsäulenchirurgischen Verständnis mit Präparation der anatomischen Eckpfeiler wie Pedikel, Epiduralraum, Duralsack und traversierender Nervenwurzel [9, 10].

Die Größe der Neuroforamina nimmt im Bereich der Lendenwirbelsäule von kaudal nach kranial zu, daher bietet sich dieser Zugang für die Segmente L4/5 und L3/4 an.

Der interlaminäre Zugang

Die breite Akzeptanz des offenen, interlaminären Zugangs wurde in die spinale Endoskopie übertragen. In den 1990er-Jahren wurden minimal-invasive Techniken von Destandau und Foley unter Verwendung von tubulären Retraktoren über das interlaminäre Fenster entwickelt [11]. Über den Zwischenschritt der endoskopisch assistierten interlaminären Zugänge wurde der vollendoskopische interlaminäre Zugang entwickelt [12]. Der Vorteil für Chirurgen ist, dass die Visualisierung und die Präparationsschritte identisch zum offenen interlaminären Zugang sind und der Chirurg auf die Erfahrung der offenen Verfahren zugreifen kann (Abb. 4).

Das interlaminäre Fenster kann über den monoportalen, vollendoskopischen Zugang für laterale Rezessusdekompressionen und unilaterale Laminotomie für bilaterale Dekompression bei Spinalkanalstenosen als auch bei kontralateralen Foraminotomien angewendet werden. Das Interlaminärfenster ist in den kaudalen Segmenten L4/5 und L5/S1 größer, daher eignen sich diese für den interlaminären Zugang.

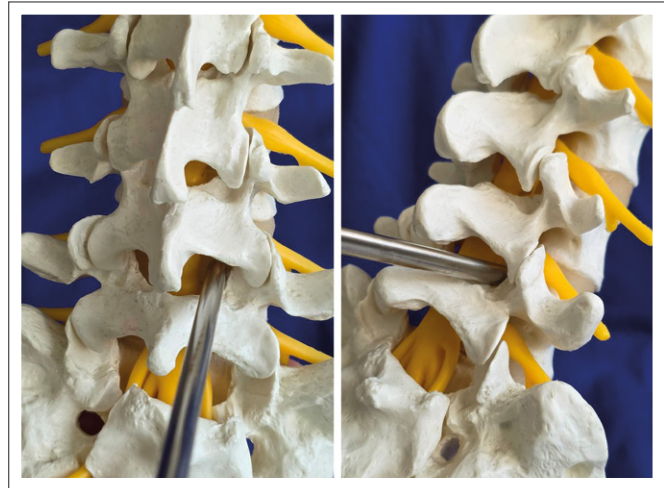


Abbildung 4: Darstellung des interlaminären endoskopischen Zugangs im Segment L4/5 rechts am 3D-Modell. **Links:** Dorsaler Blick auf die Lendenwirbelsäule mit Positionierung des Endoskops lateral des Duralsacks. **Rechts:** Dorsolateraler Blick auf die Lendenwirbelsäule mit intraspinaler Endoskoppositionierung.

Die Winkeloptik erlaubt exzellente Visualisierung des Rezessus (ipsilateral, kontralateral) und ermöglicht Dekompression nervaler Strukturen unter Erhalt der Facettenstruktur.

Technisch kann der Zugang im Bereich der Halswirbelsäule, Brustwirbelsäule und Lendenwirbelsäule angewandt werden (Abb. 5).

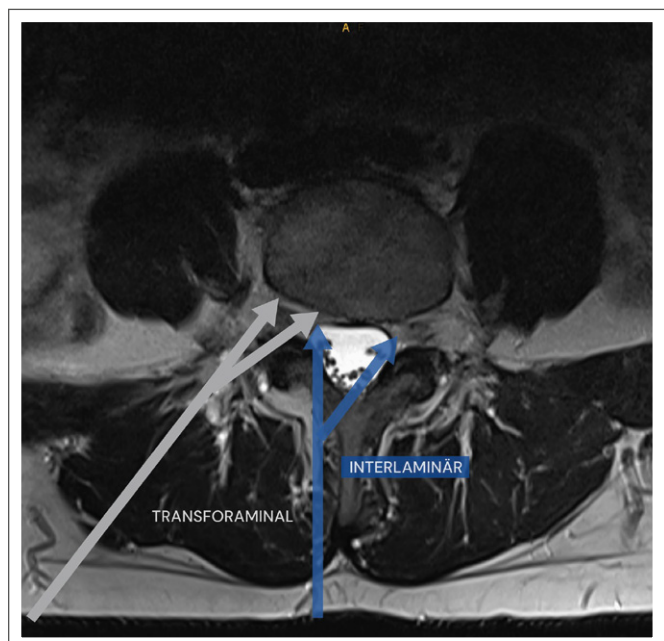
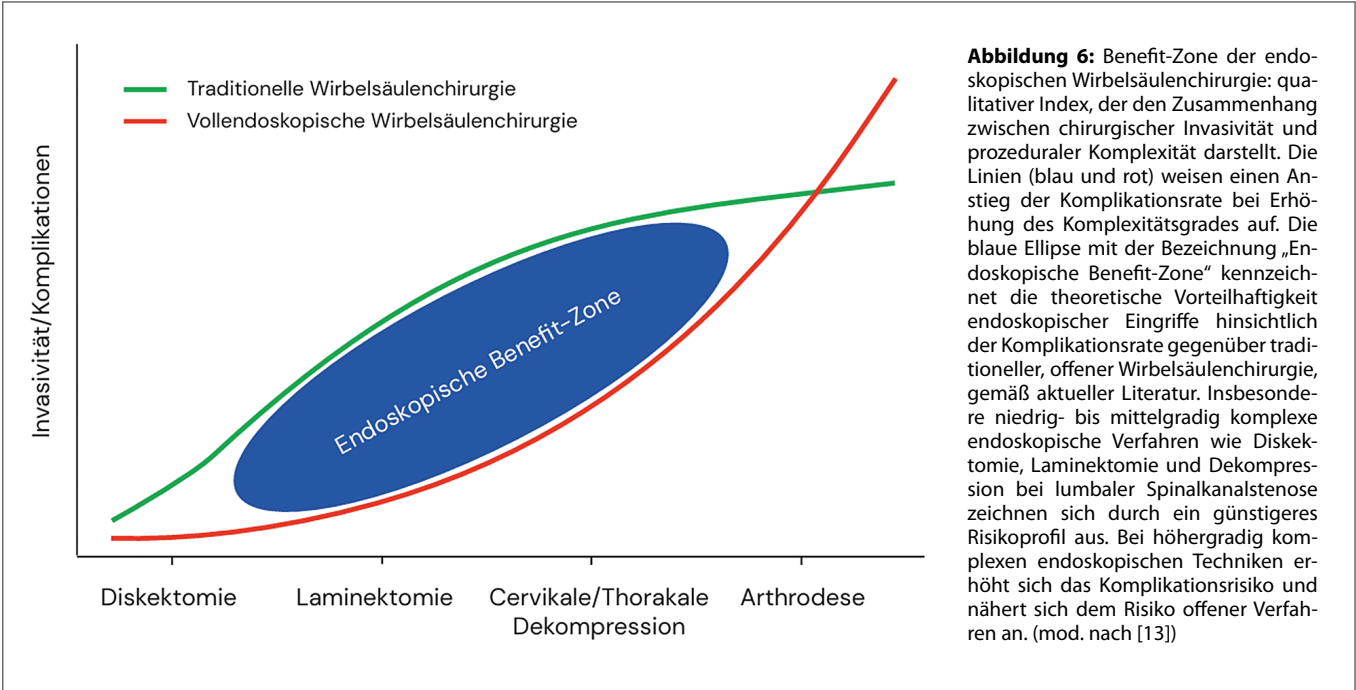


Abbildung 5: Endoskopische Zugangstrajektorien der Lendenwirbelsäule: Die Abbildung illustriert die interlaminäre (blauer Pfeil) und transforaminäre (grauer Pfeil) endoskopische Zugangstrajektorie am Beispiel eines axialen T2-gewichteten MRI-Bildes der Lendenwirbelsäule. Der blaue Pfeil stellt den Zugang über das Interlaminärfenster dar, über welches ipsilateraler/kontralateraler Rezessus und zentraler Spinalkanal dekomprimiert werden können. Der graue Pfeil zeigt die transforaminäre Route zu extraforaminären, intraforaminären und intraspinalen Pathologien auf. Das chirurgische Risiko des interlaminären Zugangs der Brustwirbelsäule erhöht sich aufgrund der Lage des Rückenmarks deutlich, was die Anwendung im Bereich der Brustwirbelsäule limitiert.



■ Nutzen der vollendoskopischen monoportalen Wirbelsäulenchirurgie

Die Vorteile der vollendoskopischen, monoportalen Technik in der lumbalen Wirbelsäulenchirurgie entfalten sich in einem dynamischen Spannungsfeld zwischen Invasivitätsgrad und Komplexitätsniveau des Eingriffs. In Anlehnung an die Konzeptgrafik von Hasan et al. – der sogenannten „Benefit-Zone“ (Abb. 6) – und gestützt durch aktuelle wissenschaftliche Daten zeigt sich das größte Nutzenpotenzial bei wenig invasiven und technisch niedrig komplexen Eingriffen [13]. Hierzu zählen insbesondere die lumbale Diskektomie sowie die ein- bis zweisegmentale Dekompression im Sinne einer Laminotomie oder Laminektomie.

Mit einer steigenden Anzahl behandelter Segmente und dem Auftreten struktureller Pathologien, wie zum Beispiel degenerativen Spondylolisthesen oder Deformitäten, nehmen sowohl der Grad der Invasivität als auch die operative Komplexität zu. Das Verfahren nähert sich dem Risikoprofil offener Operationen an und das Vorteilsfenster schließt sich.

Moderat bis hochkomplexe Eingriffe finden sich vor allem im Bereich der zervikalen und thorakalen Dekompressionen, wo die Nähe zum Myelon ein erhöhtes neurologisches Komplikationsrisiko mit sich bringt. Hochkomplexe Operationen – wie Revisionsverfahren oder Fusionsoperationen – markieren den Randbereich der endoskopischen Anwendungsmöglichkeiten, bei dem sich der Vorteil gegenüber offenen Techniken zunehmend relativiert.

Die größte Wirksamkeit und Sicherheit der vollendoskopischen Technik liegt somit in niedrig-invasiven, fokussierten Eingriffen an der Lendenwirbelsäule – insbesondere bei der gezielten Behandlung diskogener Pathologien und Spinalkanalstenosen. In diesem Indikationsspektrum kann die Methode ihr volles Potenzial entfalten, mit geringem Risikoprofil [13].

■ Die neurologische Funktion steht im Fokus

Vollendoskopische lumbale Diskektomie

Die Zahl an Studien als auch die Datenqualität der Untersuchungen zur endoskopischen Wirbelsäule sind seit 2018

Tabelle 1: Studienübersicht und Komplikationsraten									
Studie	Endoskopische Technik	Patientenzahl	Follow-up (mo.)	Reoperation n (%)	Reherniation n (%)	Komplikation n (%)	Durotomie n (%)	Infektion n (%)	Motor. Defizit n (%)
Hoogland (2006)	transforaminär	142	24	8 (5,8)	11 (7,7)	14 (9,8)	0 (0)	2 (1,4)	0 (0)
Gibson (2017)	transforaminär	58	24	5 (7,0)	5 (7,0)	9 (12,9)	0 (0)	0 (0)	k. A
Ruetten (2008)	transforaminär / interlaminär	24	24	6 (6,6)	9 (6,6)	9 (12,1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Komp (2015)	Dekompression	80	24	2 (2,5)	-	4 (5)	2 (2,5)	0 (0)	1 (1,5)
Thomae (2025)	transforaminär / interlaminär	100	24	7 (7)	4 (4)	8 (8)	0 (0)	0 (0)	1 (1)



Abbildung 7: Operationssitus bei endoskopischer Diskektomie: Die Abbildung zeigt drei chronologische Aufnahmen einer interlaminären endoskopischen Diskektomie im Segment L5/S1 rechts. **Bild A** (vor der Sequestrektomie): Es sind die ausgespannte Nervenwurzel S1 und der Dural sack mit epiduralem Fettgewebe zu sehen. **Bild B** (Sequestrektomie): Sequesteranteil im Arbeitskanal. **Bild C** (nach der Sequestrektomie): Darstellung des dekomprimierten Dural sacks und der pulsierenden Nervenwurzel S1 rechts nach vollständiger Sequestrektomie. Die Bandscheibenloge wird visualisiert.

sprunghaft gestiegen (Tabelle 1) [14]. Über 7.700 wissenschaftliche Artikel (Stand: 31.07.25, Pubmed) wurden publiziert. Neben der zunehmenden Studienzahl nimmt auch die Datenqualität zu. So hat etwa Kai Lewandowski 64.470 Patienten in einer Multicenter-Studie inkludiert [15].

Ruetten et al. publizierten eine prospektive, randomisierte Studie an 178 Patienten, die einer vollendoskopischen Diskektomie (transforaminär und interlaminär) versus offener Mikrodiskektomie zugeführt wurden [6]. 82 % der Patienten hatten postoperativ keine Schmerzen mehr, 14 % gelegentlich (2-Jahres-Follow-up). In beiden Gruppen zeigte sich ein gleichwertiges Ergebnis hinsichtlich neurologischer Funktion und Besserung der Schmerzsymptomatik. Die Häufigkeit von Bandscheibenrezidiven war in beiden Gruppen gleich (5,7 % MI, 6,6 % FE). In der FE-Gruppe waren postoperative Rückenschmerzen signifikant weniger häufig. Vorteile der FE-Gruppe zeigten sich zusätzlich in der Menge des Blutverlustes ($p < 0,01$), der Operationszeit ($p < 0,01$), der Komplikationsrate, der Häufigkeit und Dauer von Revisionseingriffen, dem postoperativen Schmerz ($p < 0,1$), dem Analgetikakonsum und dem Wiedereintritt in den aktiven Alltag (49 Tage MI, 25 Tage; $p < 0,01$). Diese Ergebnisse waren statistisch signifikant.

In der prospektiven, randomisierten Studie von Gibson et al. zeigte sich an 143 Patienten (transforaminäre endoskopische Diskektomie versus offene Mikrodiskektomie) ein kürzerer Spitalsaufenthalt im FE-Arm und geringerer radikulärer Schmerz im 2-Jahres-Follow-up [16].

Die Rate an Rezidivherniationen ist für Wirbelsäulenchirurgen ein Eckpfeiler in der Beurteilung spinaler Verfahren und kann darüber hinaus entscheiden, ob die Lernkurve einer neuen Technik beschränkt wird. Der „Spine Outcome Related“-Trial (SPORT) gilt als Landmarkpaper in der spinalen Chirurgie, in dem die langfristige Überlegenheit hinsichtlich funktioneller Verbesserung und Lebensqualität der chirurgischen gegenüber der konservativen Therapie bei lumbalen Diskusherniationen aufgezeigt wurde [17]. Die generelle Reherniierungsrate nach offener Mikrodiskektomie wird mit 3,29 % angegeben und ist etwas geringer als die in Tabelle 1 angeführte Rate von 7 % nach vollendoskopischen Diskektomien [16].

Die Rezidivrate nach Bandscheibenoperationen variiert auf Basis von patientenbezogenen und technischen Faktoren wie dem Ausmaß der Bandscheibenresektion und der Eröffnung der Herniationspforte [18]. In einer rezenten Multicenter-Kohortenstudie von Sen und Ruzevick an 553 Patienten betrug die Gesamtkomplikationsrate 2,4 % [19].

Der bedeutsame Vorteil der endoskopischen Diskektomie liegt in der schnellen Rehabilitation bei günstigem Risikoprofil und vergleichbarem klinischem Outcome im Vergleich zu offenen Verfahren (Abb. 7).

Medizinische Innovationen werden von Chirurgen oft mit Bedacht und gründlicher Abwägung angenommen – insbesondere dann, wenn der klinische Mehrwert anfänglich gering erscheint und Investitionen in Schulung und Inventar verbunden sind [20]. Im Falle endoskopischer Wirbelsäuleneingriffe ist bereits die frühe chirurgische Lernphase mit Vorteilen für die Patienten verknüpft. Geringere Invasivität mit schnellerer Erholung und weniger postoperativem Schmerz machen die Technik trotz initialer Lernanforderungen an den Chirurgen zu einer schonenden Erweiterung des etablierten Repertoires.

Vollendoskopische lumbale Laminektomie und Dekompression

Laminektomien und Dekompressionen zur Behandlung von zentralen Spinalkanalstenosen und lateralen Rezessusstenosen sind moderat komplexe Eingriffe und Bestandteil des täglichen chirurgischen Repertoires. Diese Eingriffe sind sicher und kosteneffizient [21–23].

Laminektomien können jedoch zu segmentaler Instabilität und der Erfordernis von Stabilisierungsmaßnahmen führen, insbesondere bei gleichzeitig bestehenden Deformitäten oder Spondylolisthesen [24, 25]. Der renommierte randomisierte SLIP-Trial und die Swedish Spinal Stenosis Study, bei denen reine Dekompression und zusätzliche Fusion verglichen wurden, wiesen im reinen Dekompressionsarm ein nicht unerhebliches Komplikations- und Reoperationsrisiko auf [26, 27].

So berichteten Försth et al., dass nach Dekompression von 247 Patienten im 6,5-Jahres-Follow-up ein Reoperationsrisiko von

21 % (Laminektomie plus Fusion) und 22 % (Dekompression) bestand. Ghogawala et al. konnten zeigen, dass nach Dekompression mit/ohne Fusion bei Patienten mit stabiler Grad-I-Spondylolisthese die Fusionsgruppe einen signifikant besseren neurologischen Outcome (SF-36 PCS) hatte (2- und 4-Jahres-Follow-up). Allerdings bestanden keine Unterschiede im funktionellen Outcome-Score ODI. Auffallend war auch die erhöhte Reoperationsrate von 14 % in der Fusionsgruppe und 34 % in der Dekompressionsgruppe.

Analysiert man die postoperativen Komplikationen in den genannten hochwertigen Studien weiter, finden sich nicht zu vernachlässigende Komplikationen in der offenen Laminektomiegruppe:

- Försth et al. berichten über eine Reoperationsrate von 21 %, Duraläsionen von 11 %, eine Infektionsrate von 4 % sowie 4 % internistische postoperative Komplikationen [27].
- Ghogawala berichtete, dass bei 34 % eine Reoperation und bei 6 % schwere medizinische Komplikationen auftraten [26].
- Die renommierte SPORT-Studie zur Behandlung von Patienten mit Spinalkanalstenose ohne Spondylolisthese wies eine Reoperationsrate von 13 % nach 4 Jahren auf [28]. Duraläsionen betrugen 10 %, die Infektionsrate lag bei 3 % und die Bluttransfusionsrate bei 5 %. Die Gesamtkomplikationsrate lag bei 18 % (ohne Reoperationen).

Obwohl die offene Laminektomie eine vergleichsweise geringe chirurgische Komplexität aufweist, ist die damit verbundene Morbidität keineswegs als gering anzusehen.

Die chirurgische Alternative zu einer isolierten Dekompression bei Spinalkanalstenose ist oftmals eine Fusionsoperation. Diese ist nicht nur mit höheren Komplikationsraten, sondern auch mit einer hohen Rate an Anschlusssegmentoperationen verbunden, mit dem potentiellen Risiko von Folgeoperationen [29]. Komp et al. konnten zeigen, dass das neurologische Outcome nach endoskopischer Dekompression nicht unterlegen war. Dies wurde an 135 Patienten demonstriert, die in eine prospektiv randomisierte Studie eingeschlossen und mit einer offenen Laminektomie-Kohorte verglichen wurden. Die endoskopische Gruppe hatte signifikant weniger Lumbago-Symptomatik im 2-Jahres-Follow-up, signifikant geringeren Schmerzmittelbedarf und der durchschnittliche Spitalsaufenthalt betrug 3 Tage (8 Tage in der offenen Laminektomie-Gruppe) [30].

An unserer Abteilung konnten 60 % der Patienten nach endoskopischer Dekompression im Bereich der Lendenwirbelsäule bereits am 2. postoperativen Tag entlassen werden. 50 % benötigten keine zusätzliche Schmerzmedikation in den ersten 24 Stunden nach dem Eingriff.

Wir setzen endoskopische Techniken routinemäßig bei der Behandlung von niedrig bis mittelgradig komplexen Pathologien, insbesondere bei mono- oder bisegmentalen degenerativen Prozessen und auch bei stabiler degenerativer Listhese (Grad I) ein. Diese Verfahren haben das Potenzial, die Komplikationsrate zu senken, und weisen insbesondere im frühen postoperativen Zeitfenster deutliche Vorteile hinsichtlich Schmerz und Mobilisierung im Vergleich zu offenen

Verfahren auf. Es gibt Hinweise, dass endoskopische Verfahren eine sekundäre Destabilisierung verhindern können. Ob dadurch Fusionsoperationen in weiterer Folge vermieden werden können, ist final nicht beantwortet. Wir glauben, dass der Einsatz spinaler endoskopischer Technik einen substantiellen Vorteil für Patienten bietet. Daher wird diese routinemäßig bei der Indikationsstellung in Betracht gezogen und angewendet.

■ Die Lernkurve

Die Lernkurve ist ein häufig diskutierter Aspekt bei der Einführung der spinalen Endoskopie. Der Wechsel von offenen Verfahren auf endoskopische Chirurgie erfordert eine Anpassung an das Handling des Endoskops und das Arbeiten auf unterschiedlichen Ebenen bzw. Achsen. Zudem ist ein Verständnis der endoskopischen Anatomie mit Erhalt der Orientierung erforderlich. Fehlendes Training und Coaching in der Anfangsphase können den Einstieg erschweren. Studien zeigen, dass etwa 12 bis 35 Eingriffe erforderlich sind, um eine sichere und effiziente Durchführung zu erreichen [15, 20, 31–33].

Die Lernkurve ist neben dem Zugang (endoskopisch vs. transforaminär) auch vom chirurgischen Hintergrund und einer strukturierten Ausbildung abhängig. So ist die Mehrzahl der endoskopischen Beginner dem orthopädischen Umfeld zuzuordnen und nur 15 % dem neurochirurgischen. Der Grund dürfte die weite Akzeptanz endoskopischer Eingriffe innerhalb der Orthopädie sein [20].

Zeitgemäße Trainingsformate wie Kadaverkurse, Hospitationen bei erfahrenen Chirurgen und Supervisionen bei den ersten Operationen haben sich als wirkungsvolle Instrumente zur Verkürzung dieser Phase etabliert.

■ Die Kosten im Einsatz

Die Kostenstruktur im Einsatz von medizinischen Geräten wird zunehmend in den Fokus betriebswirtschaftlicher Diskussionen gerückt. Auf den ersten Blick erscheinen die Anschaffungskosten für Endoskopieturn, Optiken und Spezialinstrumente hoch. Unter Berücksichtigung der verkürzten Operationszeiten, der geringen Komplikationsrate und Wiederaufnahmerate relativieren sich die initialen Anschaffungskosten für den Spitalsbetreiber bei einer langfristigen Gesamtkostenbetrachtung signifikant [34]. Gesundheitsökonomische Analysen zeigen, dass bei geeigneter Indikationsstellung endoskopische Verfahren kosteneffizienter sein können als offene mikrochirurgische Techniken, insbesondere bei Berufstätigen, bei denen eine rasche Rückkehr in den Alltag ökonomisch relevant ist [35]. Eine sachgerechte Abbildung im Vergütungssystem ist hier bedeutend, um innovationsfreudige Investitionen als auch die Qualität der Patientenversorgung zu fördern.

Damit wird deutlich, dass die Thematik nicht nur in klinischen Ergebnissen gedeutet werden kann, sondern einen argumentativen Bogen aus klinischem Nutzen, ökonomischer Effizienz und strategischer Weiterentwicklung der Wirbelsäulenchirurgie darstellt.

Fazit und Ausblick

Die endoskopische Wirbelsäulenchirurgie hat sich aufgrund des klinisch-wissenschaftlichen Fundaments und der zunehmenden Anwendung von einer chirurgischen Nische zu einer relevanten Alternative im operativen Spektrum entwickelt. Bei geeigneter Indikationsstellung bietet sie Vorteile hinsichtlich Invasivität, Komplikationsrate und funktioneller Erholung – insbesondere bei Patienten mit niedriger bis mittlerer Operationskomplexität. Trotz technischer und wirtschaftlicher Einstiegshürden zeigt sich in der Praxis, dass der Mehrwert für Patienten und die Versorgung zunehmend anerkannt wird.

Entscheidend für eine nachhaltige Etablierung sind strukturierte Ausbildungskonzepte, eine realistische Abbildung der Lernkurve sowie eine gesundheitsökonomisch unterstützende Implementierung in bestehende Versorgungspfade. Indem offene und endoskopische Verfahren sinnvoll kombiniert wer-

den, entsteht ein integrativer Behandlungsansatz, der sowohl dem individuellen Patientennutzen als auch dem Fortschritt einer vielseitigen Wirbelsäulenchirurgie gerecht wird.

Interessenkonflikt

Der Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

OA Dr. med. univ. Wolfgang Thomae



Studium der Humanmedizin an der Medizinischen Universität Wien. Oberarzt für Neurochirurgie am Kepler-Universitätsklinikum Linz. Spinale Endoskopie seit 2018. Vortragstätigkeit national und international.

Literatur:

1. Dolay K, Hasbahçeci M. The role of surgeons on the development and performance of endoscopy. *Turk J Surg* 2017; 33: 1–4.
2. Liu Y, Kotheeranurak V, Quillo-Olvera J, Facundo VI, Sharma S, Suwittayaporn S, et al. A 30-year worldwide research productivity of scientific publication in full-endoscopic decompression spine surgery: quantitative and qualitative analysis. *Neurospine* 2023; 20: 374–89.
3. Mayer HM. A history of endoscopic lumbar spine surgery: what have we learnt? *Biomed Res Int* 2019; 2019: 4583943.
4. Yeung AT. The evolution and advancement of endoscopic foraminal surgery: one surgeon's experience incorporating adjunctive technologies. *SAS J* 2007; 1: 108–17.
5. Schubert M, Hoogland T. Endoscopic transforaminal nucleotomy with foraminoplasty for lumbar disk herniation. *Oper Orthop Traumatol* 2005; 17: 641–61.
6. Ruetten S, Komp M, Merk H, Godolias G. Full-endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique: a prospective, randomized, controlled study. *Spine* 2008; 33: 931–9.
7. Hofstetter CP, Ahn Y, Choi G, Gibson JNA, Ruetten S, Zhou Y, et al. AOSpine consensus paper on nomenclature for working-channel endoscopic spinal procedures. *Global Spine J* 2020; 30 (2 suppl): 1115–1215.
8. Lewandrowski KU, Soriano-Sánchez JA, Zhang X, Ramírez León JF, Soriano Solís S, Rugeles Ortiz JG, et al. Regional variations in acceptance, and utilization of minimally invasive spinal surgery techniques among spine surgeons: results of a global survey. *J Spine Surg* 2020; 6 (S1): S260–74.
9. Lewandrowski KU. The strategies behind "inside-out" and "outside-in" endoscopy of the lumbar spine: treating the pain generator. *J Spine Surg* 2020; 6 (S1): S35–9.
10. Kim HS, Wu PH, An JW, Lee YJ, Lee JH, Kim MH, et al. Evaluation of two methods (inside-out/outside-in) inferior articular process resection for uniportal full endoscopic posterolateral transforaminal lumbar interbody fusion: technical note. *Brain Sci* 2021; 11: 1169.
11. Destandau J. A special device for endoscopic surgery of lumbar disc herniation. *Neurol Res* 1999; 21: 39–42.
12. Kambin P, Sampson S. Posterolateral percutaneous suction-excision of herniated lumbar intervertebral discs. Report of interim results. *Clin Orthop Relat Res* 1986; 207: 37–43.
13. Hasan S, Härtl R, Hofstetter CP. The benefit zone of full-endoscopic spine surgery. *J Spine Surg* 2019; 5 (S1): S41–56.
14. Lin GX, Kotheeranurak V, Mahatthanatrakul A, Ruetten S, Yeung A, Lee SH, et al. Worldwide research productivity in the field of full-endoscopic spine surgery: a bibliometric study. *Eur Spine J* 2020; 29: 153–60.
15. Lewandrowski KU, Telfeian AE, Hellinger S, Jorge Felipe Ramirez León, Paulo Sérgio Teixeira De Carvalho, Ramos MRF, et al. Difficulties, challenges, and the learning curve of avoiding complications in lumbar endoscopic spine surgery. *Int J Spine Surg* 2021; 15 (suppl 3): S21–37.
16. Gibson JNA, Subramanian AS, Scott CEH. A randomised controlled trial of transforaminal endoscopic discectomy vs microdiscectomy. *Eur Spine J* 2017; 26: 847–56.
17. Weinstein JN, Tosteson TD, Lurie JD, Tosteson ANA, Hanscom B, Skinner JS, et al. Surgical vs nonoperative treatment for lumbar disc herniation: the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT): a randomized trial. *JAMA* 2006; 296: 2441–50.
18. Shin BJ. Risk factors for recurrent lumbar disc herniations. *Asian Spine J* 2014; 8: 211–5.
19. Sen RD, White-Dzuro G, Ruzevick J, Kim CW, Witt JP, Telfeian AE, et al. Intra- and perioperative complications associated with endoscopic spine surgery: a multi-institutional study. *World Neurosurg* 2018; 120: e1054–60.
20. Kotheeranurak V, Liawrungrueang W, Kuansongtham V, Sriphrom P, Bamrungthin N, Keorochana G, et al. Surgeons' perspective, learning curve, motivation, and obstacles of full-endoscopic spine surgery in Thailand: results from a nationwide survey. *BioMed Res Int* 2022; 2022: 1–8.
21. Malmivaara A, Slätis P, Heliövaara M, Sainio P, Kinnunen H, Kankare J, et al. Surgical or non-operative treatment for lumbar spinal stenosis? A randomized controlled trial. *Spine* 2007; 32: 1–8.
22. Atlas SJ, Keller RB, Chang Y, Deyo RA, Singer DE. Surgical and nonsurgical management of sciatica secondary to a lumbar disc herniation: five-year outcomes from the Maine Lumbar Spine Study. *Spine* 2001; 26: 1179–87.
23. Parker SL, Fulchiero EC, Davis BJ, Adogwa O, Aaronson OS, Cheng JS, et al. Cost-effectiveness of multilevel hemilaminectomy for lumbar stenosis-associated radiculopathy. *Spine* 2011; 36: 705–11.
24. Fox MW, Onofrio BM, Onofrio BM, Hanssen AD. Clinical outcomes and radiological instability following decompressive lumbar laminectomy for degenerative spinal stenosis: a comparison of patients undergoing concomitant arthrodesis versus decompression alone. *J Neurosurg* 1996; 85: 793–802.
25. Jönsson B, Annertz M, Sjöberg C, Strömqvist B. A prospective and consecutive study of surgically treated lumbar spinal stenosis. Part II: Five-year follow-up by an independent observer. *Spine* 1997; 22: 2938–44.
26. Ghogawala Z, Dziura J, Butler WE, Dai F, Terrin N, Magge SN, et al. Laminectomy plus fusion versus laminectomy alone for lumbar spondylolisthesis. *N Engl J Med* 2016; 374: 1424–34.
27. Försth P, Ólafsson G, Carlsson T, Frost A, Borgström F, Fritzell P, et al. A randomized, controlled trial of fusion surgery for lumbar spinal stenosis. *N Engl J Med* 2016; 374: 1413–23.
28. Weinstein JN, Tosteson TD, Lurie JD, Tosteson A, Blood E, Herkowitz H, et al. Surgical versus nonoperative treatment for lumbar spinal stenosis – four-year results of the Spine Patient Outcomes Research Trial. *Spine* 2010; 35: 1329–38.
29. Transfeldt EE, Topp R, Mehdor AA, Winter RB. Surgical outcomes of decompression, decompression with limited fusion, and decompression with full curve fusion for degenerative scoliosis with radiculopathy. *Spine* 2010; 35: 1872–5.
30. Komp M. Bilateral Spinal decompression of lumbar central stenosis with the full-endoscopic interlaminar versus microsurgical laminotomy technique: a prospective, randomized, controlled study. *Pain Phys* 2015; 18: 61–70.
31. Gadjradj PS, Vreeling A, Depauw PR, Schutte PJ, Harhangi BS, on behalf of the PTED-Study Group. Surgeons Learning Curve of Transforaminal Endoscopic Discectomy for Sciatica. *Neurospine* 2022; 19: 594–602.
32. Hsu HT, Chang SJ, Yang SS, Chai CL. Learning curve of full-endoscopic lumbar discectomy. *Eur Spine J* 2013; 22: 727–33.
33. Balain B, Bhachu DS, Gadkari A, Ghodke A, Kuiper JH. 2nd and 3rd generation full endoscopic lumbar spine surgery: clinical safety and learning curve. *Eur Spine J* 2023; 32: 2796–804.
34. Manabe H, Tezuka F, Yamashita K, Sugiura K, Ishihama Y, Takata Y, et al. Operating costs of full-endoscopic lumbar spine surgery in Japan. *Neuro Med Chir (Tokyo)* 2020; 60: 26–9.
35. Golan JD, Elkaim LM, Alrashidi Q, Georgiopoulos M, Lasry O. Economic comparisons of endoscopic spine surgery: a systematic review. *Eur Spine J* 2023; 32: 2627–36.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere zeitschriftenübergreifende Datenbank

☒ [Bilddatenbank](#)

☒ [Artikeldatenbank](#)

☒ [Fallberichte](#)

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

☒ [Bestellung e-Journal-Abo](#)

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)