

Anaesthesist

<https://doi.org/10.1007/s00101-019-00671-y>

Eingegangen: 21. Juni 2019

Überarbeitet: 29. August 2019

Angenommen: 3. September 2019

© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2019



Einleitung

Die Epiduralanästhesie ist als rückenmarknahes Regionalverfahren fester Bestandteil der anästhesiologischen Versorgung. Im klinischen Alltag sind Komplikationen zwar selten, deren Folgen im Einzelfall jedoch potenziell deletär. Misserfolge durch fehlerhafte Nadel- oder Katheterlagen sind für Patienten belastend, da ein erhoffter analgetischer Effekt nicht oder ggf. erst nach Neuanlage des Epiduralkatheters eintritt (geburtshilfliche Analgesie) oder intraoperativ kein Nutzen resultiert und postoperativ eine Schmerzerleichterung zunächst ausbleibt, bis andere Verfahren zum Einsatz kommen (perioperative Epiduralanalgesie). Die Suche nach einer möglichst sicheren, verlässlichen und auch objektiven Technik zur Identifizierung des Epiduralraums ist nicht neu und wird seit Jahrzehnten vorangetrieben. Nicht zuletzt aufgrund der Tatsache, dass für das Erreichen eines ausreichenden „Kompetenzlevels“ für den klinischen Alltag per traditioneller Widerstandsverlustmethode das Absolvieren einer Zahl von ca. 50 Punktionen als erforderlich angesehen wird [6].

Auch aktuelle Publikationen belegen das Interesse an einer Verbesserung der Zuverlässigkeit des Anlageprozederes, sei es durch Verfahren mit dem Ziel der Darstellung des epiduralen Druckverlaufs [1, 10], durch Einsatz mechanischer Hilfen zum Ersatz des Stempeldrucks bei

A. Helf · T. Schlesinger · N. Roewer · P. Kranke

Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie, Universitätsklinikum Würzburg, Würzburg, Deutschland

Identifikation des Epiduralraums mithilfe einer Druckkurvenanalyse (CompuFlo®-Technologie): eine Fallserie

der „Loss-of-resistance“ (LOR)-Technik [7] oder unter Einsatz der Sonographie [3, 8].

Die am weitesten verbreitete Methode zum Auffinden des Epiduralraums ist auch heute noch die in den 1930er-Jahren von Dogliotti beschriebene „Widerstandsverlust-“ oder LOR-Methode, die allein auf der manuellen Wahrnehmung bzw. taktilen Einschätzung des Anästhesisten beruht [5]. Die hier

vorgestellte CompuFlo®-Technologie (Milestone Scientific, Livingston, NJ, USA) greift das traditionelle Prinzip des LOR auf und unterstützt den Anwender bei der Detektion durch Anzeige und akustische Wiedergabe (per Tonhöhe) eines objektiven Parameters (Druckwert). Das Gerät umfasst eine Pumpenspritze, einen Touchscreen und besitzt einen integrierten Akku (■ **Abb. 1a**).

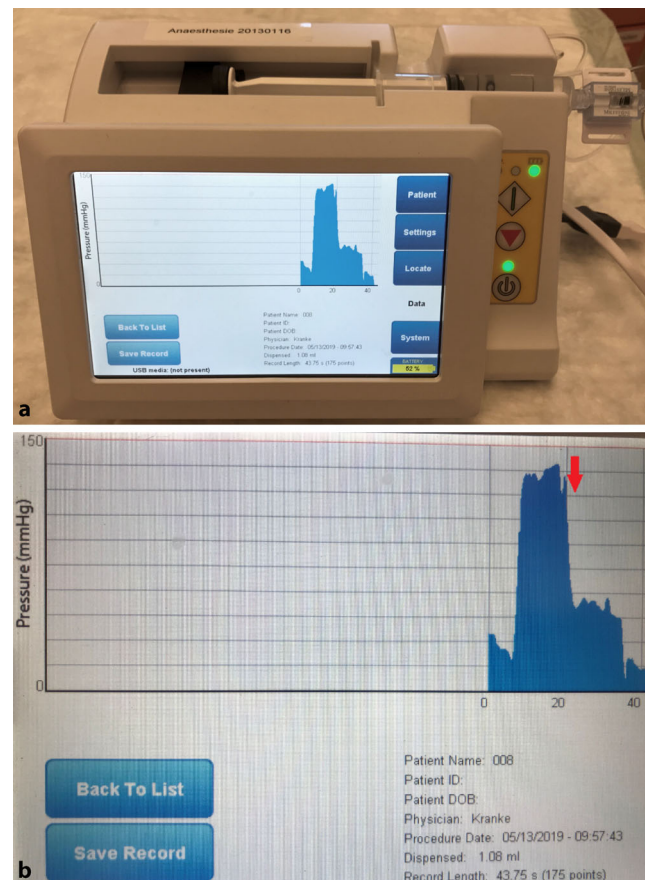


Abb. 1 ◀ CompuFlo®-Gerät mit einem beispielhaften Druckverlauf. Der auftretende „Widerstandsverlust“ ist mit einem Pfeil gekennzeichnet. **a** CompuFlo®-Gerät mit Druckkurve, **b** Nahansicht der Druckkurve mit Druckabfall (roter Pfeil)

A. Helf und T. Schlesinger haben zu gleichen Teilen zur Entstehung des Artikels beigetragen.

Tab. 1 Demografische Daten, Indikation und Punktionshöhe

Fälle (Nr.)	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Größe (m)	BMI [kg/m ²]	Indikation	Geschlecht	Punktionshöhe
1	26	71,0	168	25,2	Primäre Sectio	w	L2/L3
2	31	75,0	167	26,9	Wehenschmerz	w	L3/L4
3	20	81	168	28,7	Wehenschmerz	w	L3/L4
4	34	52	155	21,6	Primäre Sectio + in gleicher Sitzung Operation nach Wertheim-Meigs	w	L2/L3
5	28	92	171	31,5	Primäre Sectio	w	L3/L4
6	37	76	167	27,3	Primäre Sectio	w	L4/L5
7	34	73	165	26,8	Primäre Sectio	w	L3/L4
8	40	83	168	29,4	Wehenschmerz	w	L3/L4
9	31	76	164	28,3	Primäre Sectio	w	L3/L4
10	39	91	173	30,4	Wehenschmerz	w	L3/L4
11	29	77	172	26,0	Wehenschmerz	w	L4/L5
12	36	73	160	28,5	Wehenschmerz	w	L3/L4
13	41	88	165	32,3	Wehenschmerz	w	L4/L5, L3/L4 (Konversion)
14	23	86	168	30,5	Wehenschmerz	w	L3/L4
15	28	88	160	34,4	Wehenschmerz	w	L3/L4
16	37	96	170	33,2	Sekundäre Sectio	w	L3/L4
17	44	76	171	26,0	Palliative Analgesie	w	L4/L5
18	44	76	171	26,0	Palliative Analgesie	w	L3/L4
19	33	82	172	27,7	Wehenschmerz	w	L3/L4
20	22	95	173	31,7	Wehenschmerz	w	L3/L4
21	32	60	168	21,3	Blutpatch	w	L3/L4
22	26	55	154	23,2	Wehenschmerz	w	L3/L4
23	31	57	164	21,2	Wehenschmerz	w	L3/L4
24	33	88	180	27,2	Primäre Sectio	w	L4/L5
Min–Max	20–44	52–96	1,54–1,80	21,2–34,4	–	–	–
Mittelwert ± SD	32,5 ± 6,57	77,79 ± 12,31	1,67 ± 0,06	27,7 ± 3,6	–	–	–

SD Standardabweichung, m männlich, w weiblich, L lumbal

Mittlerweile konnte das Potenzial von CompuFlo® in ersten Studien mit vielversprechenden Ergebnissen gezeigt werden. So konnte die Technologie in zwei Pilotstudien mit 20 bzw. 86 Patienten erfolgreich eingesetzt werden. Darunter waren insbesondere 56 Fälle, in denen CompuFlo® nach frustranter manueller Punktion durch Ärzte in Weiterbildung als Ausweichmethode zum Einsatz kam und schließlich zum Erfolg führte [2, 9].

In einer aktuellen Studie mit 120 Patienten wurde ein positiver prädiktiver Wert von 72,0% für den durch CompuFlo® detektierten LOR (Druckabfall unter 40 mm Hg für mindestens 5 s) ermittelt; die Fläche unter der Kurve für dieses Entscheidungskriterium lag bei 0,82 [11].

Das CompuFlo®-Gerät besitzt bereits eine CE-Zertifizierung, wird aber laut Hersteller bisher im deutschsprachigen Raum nicht vertrieben. Die Kosten belaufen sich nach Angabe des Großhändlers, inklusive sterilem Verbrauchsmaterial, pro Anwendung auf ca. 100 €.

Anhand dieser Fallserie soll der Einsatz der CompuFlo®-Technologie in der Routineanwendung veranschaulicht werden.

Fallserie: Vorgehen

Bei Einsatz des CompuFlo®-Geräts sind im Vergleich zur traditionellen LOR-Methode zusätzliche Vorbereitungsmaßnahmen erforderlich. Die LOR-Spritze muss mit Kochsalzlösung befüllt, mit

einer Verlängerung bestückt und in das Gerät eingespannt werden.

Nun wird die Epidural- bzw. CSE („combined spinal-epidural“)-Nadel wie üblich unter sterilen Kautelen oberflächlich platziert. Nachdem eine Hilfsperson dem Punktierenden das sterile Ende der Verlängerung angereicht hat, wird selbige durch das Gerät mit Kochsalzlösung befüllt und ein Nullabgleich durchgeführt. Alternativ können bestimmte Befehle über einen Fußschalter gegeben werden. Nun erfolgt die Konnexion der Epidural- bzw. CSE-Nadel mit der im Gerät platzierten Spritze über die Verlängerung. Im Anschluss kann der Anästhesist die Punktion beidhändig fortführen, während das Gerät einen stetigen Flüssigkeitsfluss durch die Nadel generiert und gleichzeitig den Druck

an der Nadelspitze ermittelt. Dieser Druck wird als Grafik auf dem Display des CompuFlo®-Geräts angezeigt und zusätzlich als akustisches Signal durch entsprechende Tonhöhen wiedergegeben. Dabei ist die Tonhöhe proportional zum ermittelten Druck. Erreicht die Nadelspitze den Epiduralraum, zeigt das Gerät in Analogie zum klassischen LOR einen abrupten Druckabfall an. Liegt die Nadelspitze tatsächlich bzw. weiterhin im Epiduralraum, sistiert der Druck auf einem konstant niedrigen Niveau. Erreicht die Nadelspitze hingegen Bindegewebsstrukturen oder Muskelgewebe („falscher LOR“), steigt der Druck nach Abfall erneut an, weil die Gewebe-Compliance in der Regel rasch „aufgebraucht“ ist. Dieser Sachverhalt ermöglicht eine Differenzierung zwischen „wahrem“ und „falschem“ LOR.

Die Datenerhebung zu dieser Fallserie fand im Rahmen erster Anwendungsversuche am Universitätsklinikum Würzburg statt. Über einen Zeitraum von 4 Monaten wurde CompuFlo® in 24 Fällen bei insgesamt 23 Patienten (■ **Tab. 1**) zur Etablierung einer Epiduralanalogie bzw. -anästhesie (Schmerztherapie oder geburtshilfliche Analgesie bzw. Anästhesie) bzw. im Rahmen der Durchführung eines epiduralen Blut-Patch bei postspinalen Kopfschmerz nach akzidenteller Dura-perforation eingesetzt. Sämtliche Punktionen wurden durch einen Facharzt für Anästhesie bzw. unter dessen Anleitung nach Klinikstandard am sitzenden Patienten im Bereich zwischen L2 und L5 vorgenommen. Es wurden standardmäßig 18-G-Tuohy-Kanülen, je nachdem mit oder ohne CSE-Option (EpiSpin Lock®, Fa. Pajunk) verwendet. Zur Anwendung kamen je nach Indikation Lokalanästhetika-Opioid-Mischungen zur Erzielung einer Analgesie (Ropivacain bzw. Bupivacain mit oder ohne Opioidzugabe) bzw. Anästhesie (Bupivacain mit Sufentanil intrathekal im Rahmen einer CSE), bzw. es erfolgte die Applikation von Eigenblut.

Ergebnisse

Das jeweilige Verfahren konnte bei 23 der 24 durchgeführten Prozeduren mithilfe von CompuFlo® erfolgreich etabliert werden. In einem Fall wurde zu Beginn

Anaesthesist <https://doi.org/10.1007/s00101-019-00671-y>
© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2019

A. Helf · T. Schlesinger · N. Roewer · P. Kranke

Identifikation des Epiduralraums mithilfe einer Druckkurvenanalyse (CompuFlo®-Technologie): eine Fallserie

Zusammenfassung

Zur Identifizierung des Epiduralraums bei Anlage rückenmarknaher Regionalverfahren bedienen sich die meisten Anästhesisten der Widerstandsverlustmethode („Loss-of-resistance“-Technik). Diese Technik hat einerseits einen subjektiven Charakter und ist in gewissen Fällen nur bedingt verlässlich, weshalb wiederholt Ansätze zur Objektivierung unternommen worden sind. Die sog. CompuFlo®-Technologie wurde bereits vor

einigen Jahren beschrieben und lieferte in ersten Studien vielversprechende Ergebnisse. Anhand dieser Fallserie werden die ersten Anwendungen im deutschsprachigen Raum illustriert.

Schlüsselwörter

Epiduralanästhesie · Periduralanästhesie · Widerstandsverlustmethode · Neuroaxiale Anästhesie · Geburtshilfliche Anästhesie

Identification of the epidural space using pressure waveform analysis (CompuFlo® technology): a case series

Abstract

Anesthesiologists commonly perform the loss of resistance technique in order to identify the epidural space during neuraxial procedures; however, this technique is subjective and lacks reliability in certain cases. The so-called CompuFlo® technology provides objective information about the position of the epidural needle by means of a pressure curve and acoustic signals. The technology was introduced several years ago and was evaluated in several trials, which showed promising results. The purpose of the present publication is to report on the first experiences with the CompuFlo® technology in German-speaking countries. A series of 24 epidural procedures using the CompuFlo®

device was carried out in routine daily practice. The epidural space was successfully identified in 23 cases. Conversion to the conventional loss of resistance technique was performed during the initial cases in a prolonged procedure. The CompuFlo® technique is considered to be a promising technology, which might help to reduce complications after epidural anesthesia, e.g. postdural puncture headache.

Keywords

Epidural space · Epidural anesthesia · Loss of resistance · Neuraxial anesthesia · Obstetric anesthesia

der Fallerhebung im Rahmen einer protrahierten Anlage aufgrund anatomisch schwieriger Verhältnisse vorsichtshalber auf die vertraute manuelle LOR-Methode konvertiert.

Im Folgenden sind die Ergebnisse zweier Fälle exemplarisch gezeigt. Sie zeigen die Druck- und Volumenkurven aus den rekonstruierten Daten (nach USB-Export) (■ **Abb. 2 und 3**). Als *dunkelblaue Kurve* ist der Druck und in *Hellblau* das abgegebene Volumen über der Zeit in Sekunden aufgetragen.

In beiden Fällen ist der LOR als steiler Druckabfall mit anschließendem Plateau auf deutlich niedrigerem Niveau zu erkennen. In **Abb. 3** ist zusätzlich ein kurzzeitiger Druckabfall mit sofortigem

Wiederanstieg zu sehen, was einerseits als „falscher LOR“ gewertet werden kann, andererseits aber auch im Rahmen eines Nadelrückzugs bzw. einer Nadelrichtungskorrektur z. B. bei Knochenkontakt auftreten kann. Die Differenzierung ist im Rahmen des Punktionsvorganges eher trivial, weil im ersten Fall der kurzzeitige Druckabfall im Zuge des Nadelvorschubs auftritt, wohingegen im zweiten Fall bewusst ein Nadelrückzug erfolgt (mit konsekutivem kurzzeitigem Druckabfall).

In **Abb. 4** sind die Ergebnisse der 23 Anwendungen als Summationsbild zusammengefasst. Die Überlagerung der Druckkurven zeigt den Ausschnitt, der jeweils im Zuge des LOR (Druckabfall) registriert wurde.

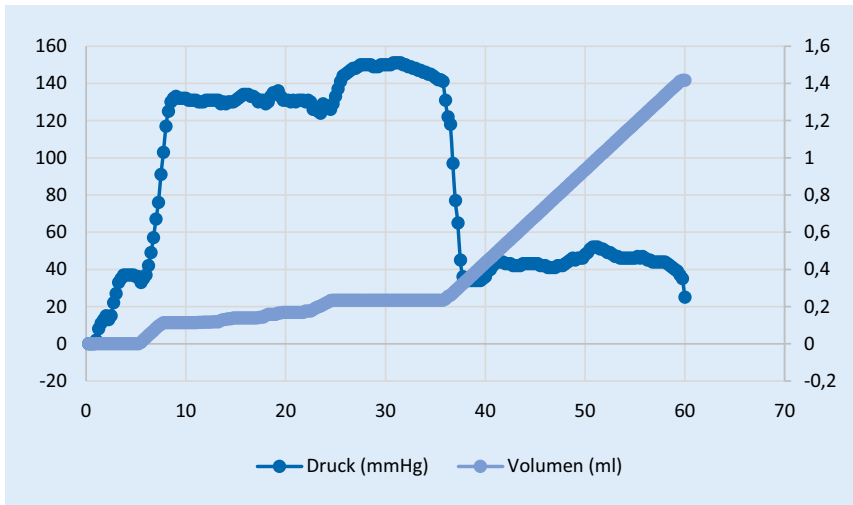


Abb. 2 ▲ Problemlose Anlage, Regionalverfahren (CSE zur Sectio plus anschließende Operation nach Wertheim-Meigs) mit CompuFlo® bei Patient 04; „true loss“ bei ca. 36 s erkennbar (Abszisse: Zeit in s; Ordinate links: Druck in mmHg; Ordinate rechts: kumuliert infundiertes Volumen in ml)

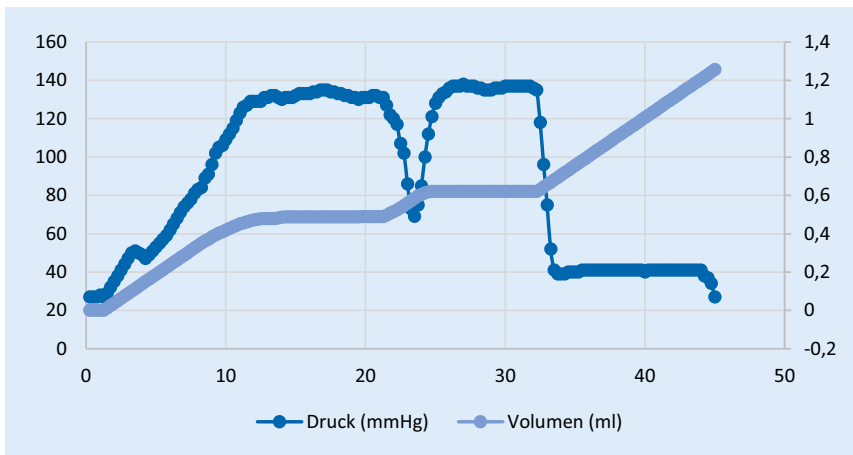


Abb. 3 ▲ Problemlose Anlage, geburthilfliches Regionalverfahren (Periduralkatheter) bei Patient Nr. 09 mit CompuFlo®, „false loss“ bzw. Druckabfall bei Nadelrückzug, z. B. bei Knochenkontakt nach ca. 23 s und „true loss“ nach ca. 32 s sichtbar (Abszisse: Zeit in s; Ordinate links: Druck in mmHg; Ordinate rechts: kumuliert infundiertes Volumen in ml)

Diskussion

Im Rahmen dieser Fallserie wurde die Anwendung der CompuFlo®-Technologie gezeigt, und es konnte die von anderen Autoren bereits beschriebene Möglichkeit zur Differenzierung zwischen „falschem“ und „wahrem“ LOR sowie insbesondere eine Objektivierbarkeit des LOR eindrucksvoll reproduziert werden. Hervorzuheben ist die Möglichkeit, den LOR darzustellen und objektiv – nicht zuletzt zu Dokumentationszwecken – zu verifizieren. Zudem wird eine zweite (ggf. versiertere) Person, die nicht selbst die Punktion durchführt,

auf diesem Weg in die Lage versetzt, die Punktion mitzubeurteilen. Die grafische Darstellung der Druckverhältnisse könnte darüber hinaus einen Mehrwert für die ärztliche Ausbildung bieten, gerade in Anbetracht der immer wieder beschriebenen Fallzahlen, bis zum Erreichen einer hinreichenden Expertise mit der konventionellen LOR-Technik zur Identifikation des Epiduralraums.

Andererseits resultieren beim Einsatz technischer Hilfsmittel auch Effekte, die langfristig möglicherweise als nachteilig empfunden werden. So ist bei hypothetischem Einsatz einer technischen Unterstützung das Erlernen der manuellen Fer-

tigkeiten zur Durchführung der konventionellen LOR-Technik infrage gestellt. Interessant und bislang unbeantwortet bleibt vor diesem Hintergrund die Frage nach der Lernkurve mit beiden Verfahren (konventionelle LOR-Technik vs. CompuFlo®-unterstützte LOR-Technik) bei Anästhesisten, die bislang noch gar keine bzw. wenige Erfahrung mit der epiduralen Punktion haben.

Ob letztendlich Verfahren über die traditionelle Technik hinaus jenseits experimenteller Ansätze oder im Rahmen von Studien in nennenswertem Ausmaß Einzug in die klinische Routine halten werden, ist derzeit noch unklar. Zweifelsohne sind erfahrene Punkteure ein wesentlicher Garant für die Durchführungsgeschwindigkeit, Sicherheit und Effektivität neuroaxialer Regionalanästhesieverfahren. Gerade im Hinblick auf die diagnostische Sicherheit eines „echten LOR“ erscheint den Autoren das Verfahren aber durchaus Vorteile – auch gegenüber der Hand bzw. dem Fingergefühl des Erfahrenen – zu bieten. Im Lumbalbereich kann diese zusätzliche Sicherheit andererseits auch gefahrlos durch die in jüngster Zeit populärer werdende „Epidural-puncture“-Epiduralanästhesie (Bestätigung des „wahren“ LOR über den positiven Liquorfluss nach Spinalraumpunktion) erreicht werden [4, 12].

Ohne Zweifel sind beim Fokussieren des Punktierenden auf den (beidhändigen) Nadelvorschub eine bessere Kontrolle und auch eine feinfühligere Detektion von unterschiedlichen Gewebetexturen – inklusive einer kurzzeitigen Widerstandszunahme vor Erreichen des Epiduralraums (Lig. flavum) – möglich; Aspekte, die bei konventioneller Technik durch den Fokus auf den LOR per Kochsalzgefüllter Spritze oft nicht apparent werden.

Bislang wurden im Rahmen der hier vorgestellten Fallserie gleichwohl ausschließlich mediane Punktionen untersucht. Unter prozeduralen Aspekten ist zu erwähnen, dass der Set-up-Aufwand zunächst höher erscheint. Dieser könnte durch bessere Konfektionierung des Einwegmaterials unseres Erachtens reduziert werden. Die Vorbereitung des Geräts kann grundsätzlich auch von

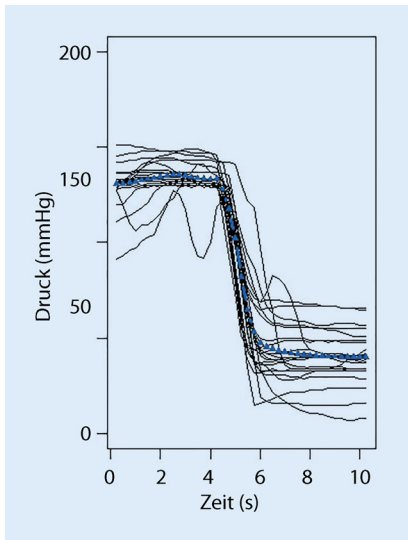


Abb. 4 ▲ Summationsbild der 23 mithilfe der CompuFlo®-Technologie erfolgreich durchgeführten epiduralen Punktionen an der Universitätsklinik Würzburg. In der Kurvenüberlagerung ist jeweils der Moment des detektierten Druckabfalls dargestellt. Gemittelte Druckwerte aus Einzelmessungen als *blaue Kurve*

einer Pflegekraft parallel zu den ersten Schritten der epiduralen Punktion bzw. der Vorbereitung des Kathetersets vorgenommen werden, sodass sich der zeitliche Mehraufwand nach Erfahrung der Autoren in Grenzen hält. Insbesondere gilt zu berücksichtigen, dass ein Ziel der Methode – neben der Vermeidung einer akzidentellen Duraperforation – auch die Vermeidung unnötiger Beschickungen des Epiduralkatheters („falscher LOR“) mit nachfolgendem Erfordernis einer Neuanlage ist. Dies Fragen müssten im Rahmen von Prozesskostenanalysen („activity-based costing“) erwogen werden.

Auch die Sonographie scheint in manchen Situationen die neuroaxiale Punktion sicherer zu machen. Im Rahmen der neuroaxialen Anästhesie wird der Ultraschall aber in der Regel vor Durchführung der Punktion propagiert und praktiziert. Unter Berücksichtigung der langen Historie der ultraschallunterstützten neuroaxialen Blockade scheint sich aber eines herauszukristallisieren: Ein vollständiger Ersatz der „Punktionshaptik“ durch eine parallel durchgeführte (sonographische) Bildgebung ist derzeit nicht in Aussicht. Anders als bei peripherer Regionalan-

ästhesie, bei der die Nervenstimulation weitestgehend von der sonographisch geführten Punktion verdrängt wurde, ist dies bei neuroaxialen Verfahren, speziell der Epiduralanalgesie, zumindest als beweisendes Verfahren zur korrekten Nadelpositionierung derzeit nicht in Sicht.

Interessant wäre vor diesem Hintergrund, und ob der Möglichkeit eines einhändigen Nadelvorschubs durch die CompuFlo®-Technik, inwieweit mittelfristig auch eine simultane Nadelkontrolle per Ultraschall bei zusätzlicher (technischer) Identifikation des Epiduralraums durch den dargestellten Druckabfall durchführbar wäre.

Der Beweis eines Vorteils im Rahmen von Routineanwendungen derartiger technischer Hilfsmittel wird aufgrund der insgesamt eher niedrigen Komplikationsraten im Zusammenhang mit epiduralen Katheteranlagen nicht einfach zu erbringen sein. Auch das Nutzen-Aufwand-Verhältnis ist vor dem Hintergrund ökonomischer Zwänge ein bedeutsamer Aspekt. Andererseits gilt ein postpunktioneller Kopfschmerz als außerordentlich beeinträchtigende Komplikation mit möglichen schweren Folgekomplikationen bis hin zu erforderlichen Kraniektomien bei ausgeprägten Hygromen. Insofern dürfte eine gesundheitsökonomische Relevanz grundsätzlich gegeben sein.

Fazit für die Praxis

Aus Sicht der Autoren stellt die CompuFlo®-Technologie eine vielversprechende Neuerung dar, die auch dem erfahrenen Kliniker als objektives Hilfsmittel einen Zusatznutzen bietet. Ob mithilfe der Technologie tatsächlich eine Steigerung der Erfolgsrate, eine Vermeidung von (initialen) Fehlplatzierungen bzw. eine Reduktion der Komplikationsrate erzielt werden kann, müssen weitere randomisierte kontrollierte Studien bzw. Registeranalysen zeigen, die derzeit durchgeführt werden.

Korrespondenzadresse

Univ.-Prof. Dr. P. Kranke, MBA
Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie,
Universitätsklinikum Würzburg
Oberdürrbacher Str. 6, 97080 Würzburg,
Deutschland
kranke_p@ukw.de

Danksagung. Das CompuFlo®-Gerät wurde als Leihgabe seitens der Fa. Milestone zur Verfügung gestellt. Das Verbrauchsmaterial, das über die Punktionssets im Rahmen der untersuchten Technik erforderlich war, wurde ebenfalls zur Verfügung gestellt.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. A. Helf, T. Schlesinger, N. Roewer und P. Kranke geben an, dass über die Leihgabe des Gerätes und die Bereitstellung des Verbrauchsmaterials hinaus 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. Für Bildmaterial oder anderweitige Angaben innerhalb des Manuskripts, über die Patienten zu identifizieren sind, liegt von ihnen und/oder ihren gesetzlichen Vertretern eine schriftliche Einwilligung vor.

Literatur

1. Al-Aamri I, Derzi SH, Moore A et al (2017) Reliability of pressure waveform analysis to determine correct epidural needle placement in labouring women. *Anaesthesia* 72:840–844
2. Capogna G, Camorcia M, Coccoluto A et al (2018) Experimental validation of the CompuFlo(R) epidural controlled system to identify the epidural space and its clinical use in difficult obstetric cases. *Int J Obstet Anesth* 36:28–33
3. Carvalho B, Seligman KM, Weiniger CF (2019) The comparative accuracy of a handheld and console ultrasound device for neuraxial depth and landmark assessment. *Int J Obstet Anesth*. <https://doi.org/10.1016/j.ijoa.2019.01.004>
4. Chau A, Bibbo C, Huang CC et al (2017) Dural puncture epidural technique improves labor analgesia quality with fewer side effects compared with epidural and combined spinal epidural techniques: a randomized clinical trial. *Anesth Analg* 124:560–569
5. Dogliotti AM (1933) Segmental peridural spinal anesthesia: a new method of block anesthesia. *Am J Surg* 20:107–118
6. Drake EJ, Coghill J, Sneyd JR (2015) Defining competence in obstetric epidural anaesthesia for inexperienced trainees. *Br J Anaesth* 114:951–957
7. Duniec L, Bilawicz J, Chlebus M et al (2019) Randomized comparison of two methods of the epidural space identification during regional labour analgesia. *Ginekol Pol* 90:279–284
8. Elsharkawy H, Saasouh W, Babazade R et al (2019) Real-time ultrasound-guided lumbar epidural with transverse interlaminar view: evaluation of an

- in-plane technique. *Pain Med.* <https://doi.org/10.1093/pm/pnz026>
9. Ghelber O, Gebhard RE, Vora S et al (2008) Identification of the epidural space using pressure measurement with the compuflo injection pump—a pilot study. *Reg Anesth Pain Med* 33:346–352
 10. Tangjitbampenbun A, Layera S, Arnuntasupakul V et al (2019) Randomized comparison between epidural waveform analysis through the needle versus the catheter for thoracic epidural blocks. *Reg Anesth Pain Med.* <https://doi.org/10.1136/rapm-2019-100478>
 11. Vaira P, Camorcia M, Palladino T et al (2019) Differentiating false loss of resistance from true loss of resistance while performing the epidural block with the compuFlo(R) epidural instrument. *Anesthesiol Res Pract* 2019:5185901
 12. Wilson SH, Wolf BJ, Bingham K et al (2018) Labor analgesia onset with dural puncture epidural versus traditional epidural using a 26-gauge whitacre needle and 0.125 % bupivacaine bolus: a randomized clinical trial. *Anesth Analg* 126:545–551