Onkologe (1995) 1:314–320 © Springer-Verlag 1995

# Operative Verfahren beim Tumorschmerz

*Wenn die Möglichkeiten kausaler oder konservativer medikamentöser Therapie ausgeschöpft sind, ist vielfach die Indikation für einen schmerzchirurgischen Eingriff gegeben. Dabei sind wesentliche Fortschritte des neurochirurgischen Fachgebiets aus der Entwicklung operativer Eingriffe zur Behandlung chronischer Schmerzen abzuleiten. Die klassische Schmerzchirurgie arbeitet mit sog. Ausschaltungsoperationen, die auf anatomisch-neurophysiologischen Voraussetzungen basieren. Dabei wird von der Vorstellung einer auf verschiedenen Ebenen durchtrennbaren Schmerzbahn ausgegangen, deren Unterbrechung zu einem Verlust der peripheren Nozizeption führt. Da diese destruierenden Verfahren in der Regel bei Patienten mit einer verminderten Lebenserwartung angewandt werden, besteht das Behandlungsziel in der schnellen und wirksamen Schmerzlinderung.*

A. Potschka und G. Schackert
*Neurochirurgische Klinik, (Direktorin: Prof. Dr. G. Schackert)*
*Universitätsklinikum „Carl-Gustav Carus", Dresden*

Prinzipiell bietet die moderne Schmerzchirurgie neben den etablierten Läsionsverfahren auch die Möglichkeit modulativer Eingriffe. Letztere eröffneten der Schmerztherapie durch die Einführung der elektrischen Rückenmarkstimulation [23] und die Entdeckung der Opiatrezeptoren im Rückenmark (1976) neue Möglichkeiten. Hierbei wird eine Schmerzminderung durch die Aktivierung schmerzhemmender spinaler Strukturen entweder über implantierte Elektroden oder durch intrathekale Opioidapplikation erreicht. Nachfolgend werden alle noch praktizierten Methoden schwerpunktmäßig dargestellt (s. Tabelle 1); die heute gebräuchlichsten Eingriffe zeigt Tabelle 2. Dabei sollte immer eine individuelle Betrachtungsweise im Vordergrund des ärztlichen Handelns stehen, um für jeden Patienten das für ihn am besten geeignete therapeutische Verfahren auswählen zu können.

## Destruktiv-ablative Eingriffe

### *Spinal und peripher*

**Rhizotomie (Hinterwurzeldurchtrennung).** Bei der kompletten Hinterwurzeldurchtrennung werden die nozizeptiven, thermischen und taktilen Afferenzen des jeweiligen Segments zum Hinterhorn unterbrochen. Hierbei bleiben zwar die motorisch leitenden Fasern erhalten, nicht jedoch deren Funktion, die von sensiblen und propriozeptiven Afferenzen aus Muskelspindeln, Sehnen und Gelenkkapseln abhängig ist. Daher resultiert aufgrund der gestörten Stell- und Haltereflexe eine funktionelle Parese besonders in den unteren lumbalen Segmenten, wohingegen diese Defizite thorakal und zervikal geringer ausgeprägt sind. Vor der Rhizotomie sollte immer eine probatorische periradikuläre Infiltration am Foramen intervertebrale mit einem Lokalanästhetikum durchgeführt werden, um den zu erwartenden Therapieerfolg einschätzen zu können.

In der Regel erfolgt die *offene Hinterwurzeldurchtrennung* [4] in Lokalanästhesie, da der wache und kooperative Patient bei der Identifikation der schmerzauslösenden Wurzel mittels Infiltrationsblockade oder Elektrostimulation behilflich sein kann. Die Filamente der Hinterwurzel werden nach Eröffnung der Dura mit dem Nervenhäkchen gespannt und mit der Mikroschere durchtrennt. Dabei muß besonders auf die Schonung der begleitenden Wurzelarterie geachtet werden. Als Komplikation dieser Technik sind in erster Linie die epidurale Nachblutung, Liquorfistel und die Anästhesia dolorosa zu nennen [2]. *Indikationen* für dieses Verfahren sind thorakale und abdominelle Schmerzen bei malignen Prozessen. Die mittlere Erfolgsrate für eine dauerhafte Schmerzreduktion beträgt etwa 50%.

Dr. A. Potschka, Neurochirurgische Klinik, Universitätsklinikum „Carl-Gustav Carus", Fetscherstraße 74, D-01307 Dresden

Tabelle 1
**Übersicht der schmerzchirurgischen Eingriffe**

| | Spinal und peripher | Intrakraniell |
|---|---|---|
| Destruktive Eingriffe | • Rhizotomie<br>• Hinterwurzelläsion<br>• Chordotomie<br>• Kommissurotomie / Myelotomie<br>• Periphere Neurotomie<br>• Exhairese<br>• Sympathektomie | • Thermokoagulation des Ganglion Gasseri<br>• Thalamotomie, Cingulotomie Hirnstammtraktotomien<br>• Hypophysektomie |
| Nicht ablative Verfahren | • Rückenmarkstimulation<br>• Elektrostimulation peripherer Nerven<br>• Intraspinale Opioidgabe | • Tiefe Hirnstimulation (DBS)<br>• Elektrostimulation des Ganglion Gasseri<br>• Intraventrikuläre Opioid-applikation |

Tabelle 2
**Häufige Operationsverfahren bei verschiedenen Tumorerkrankungen**

| Indikation | Eingriff |
|---|---|
| Tumoren des Kopf- und Halsbereichs | • Intraventrikuläre Opioide über Pumpen / Ports<br>• Thermokoagulation<br>• Elektrostimulation |
| Neoplasma des Körperstamms, beidseitiger Extremitätenschmerz | • Intrathekale (spinal und ventrikulär) Opioide über Pumpen / Ports<br>• Rückenmarkstimulation<br>• Myelotomie |
| Malignome der Extremitäten, Prozesse mit segmentalen Schmerzen | • Elektrostimulation<br>• Chordotomie<br>• Rhizotomie<br>• Neurotomie |

Bei der *selektiven Rhizotomie nach Sindou* werden nur die schmerzleitenden Fasern der ventralen Hinterwurzeleintrittszone durchtrennt, um die Berührungsempfindung zu erhalten [24]. Speziell bei Brachialgien durch Plexusschädigung bei Ablatio mammae, Pancoast-Tumor und Strahlenfibrose hat sich diese Methode mit Schmerzlinderungsraten zwischen 50 und 59% bewährt.

Nach Identifikation mittels elektrischer Reizung unter Bildwandlerkontrolle kann die Hinterwurzel auch *perkutan thermokoaguliert* werden. In bis zu 2% der Fälle kommt es anschließend zu Dysästhesien und Paresen [30].

**Läsion der Hinterwurzel nach Nashold (DREZ).** Durch thermische Hochfrequenzkoagulation der enthemmten Neuronensysteme in der Substantia gelatinosa wird die Schmerzleitung in den aszendierenden spinalen Bahnen moduliert. Nach Hemilaminektomie/Laminektomie werden unter mikroskopischer Kontrolle im Bereich des Eintritts der Hinterwurzel mehrere Läsionen im Abstand von wenigen Millimetern in und oberhalb der entsprechenden Ebene gesetzt. Dieses von Nashold 1976 entwickelte Verfahren ist besonders wirksam bei Deafferenzierungsschmerzen und kompletten Querschnittsläsionen und zeichnet sich durch eine hohe Erfolgsrate (60–82%) und seltene Komplikationen (sensible Defizite, ipsilaterale Paresen, Blasenstörungen) aus [12]. Weitere Indikationen sind Tumoren mit Infiltration von Plexus brachialis oder lumbosacralis [28].

**Chordotomie.** Ein klassischer schmerzchirurgischer Eingriff ist die *Durchtrennung des Tractus spinothalamicus*. Dabei wird selektiv die kontralaterale Schmerz- und Temperaturempfindlichkeit bei erhaltener Sensibilität (taktil und propriozeptiv) aufgehoben. In Abhängigkeit von der Schmerzlokalisation wird einige Segmente oberhalb der betroffenen Region – zur sicheren Ausschaltung der letzten nach kranial involvierten Segmentafferenzen – eine etwa 4 mm tiefe Inzision im vorderen Rückenmarkquadranten gesetzt. Dieser Eingriff wurde erstmals von Foerster 1912 durchgeführt [4].

Für die untere Körperhälfte wird eine Hemilaminektomie in Höhe $BW_3$–$BW_5$ als Zugang gewählt. Bei Schmerzen der oberen Extremitäten führt man den Eingriff hochzervikal ($HW_1$–$HW_2$) durch. Beschwerden der Mittellinie bzw. beidseitige Störungen erfordern ein bilaterales Vorgehen, bei dem ein Intervall von mehreren Wochen eingehalten werden sollte, da beispielswiese im Falle eines kranial von $C_4$ gelegenen Segments neben einer Paraparese noch Atemstörungen auftreten können. Eine Modifikation für das zervikale Niveau ist der anteriore Zugangsweg nach Cloward. Hierbei wird die Duravorderseite freigelegt und inzidiert. Anschließend erfolgt die Identifizierung des Vorderseitenstranges und dessen Durchtrennung. Schmerzlinderung wird in 50–90% der Fälle erreicht. Nebenwirkungen sind Lähmungserscheinungen in bis zu 13%, Blasen- und Mastdarmentleerungsstörungen in sehr unterschiedlicher Inzidenz sowie in 5% eine Anästhesia dolorosa [4, 13, 22, 30].

1965 wurde durch Rosomoff et al. die *perkutane zervikale Chordotomie* eingeführt [21]. Die Vorteile bestehen neben der Vermeidung des Narkoserisikos in der geringeren Komplikationsrate durch die Kooperationsmöglichkeit mit dem Patienten. In Lokalanästhesie wird unter Bildwandlerkontrolle der vordere Subarachnoidalraum von lateral zwischen $HW_1$ und $HW_2$ punktiert. Der Raum zwischen Lig. denticulatum und dem vorderen Rückenmark wird durch Kontrastmi-

telinjektion markiert. Durch den Mandrin wird eine Elektrode in Richtung Vorderseitenstrang vorgeschoben. Die korrekte Lage wird mit elektrischen Impulsen (75 Hz) überprüft, die beim Patienten Kribbelmißempfindungen und Wärmegefühl in der gegenseitigen Extremität hervorrufen. Anschließend wird mittels Hochfrequenzläsion bei Temperaturen zwischen 75 und 90 °C bei einer Dauer von 30–60 s unter permanenter Kontrolle der motorischen Funktion bis zur Beschwerdefreiheit koaguliert. Ein befriedigendes Behandlungsergebnis wird in 75–95% erreicht. Die Komplikationsrate bezüglich Blasen-/Mastdarmstörungen, ipsilateraler Parese, respiratorischer Insuffizienz und Pyramidenbahnschädigung liegt insgesamt unter 6% [1, 6, 8]. Hauptindikation der Chordotomie sind Schmerzen malignen Ursprungs (speziell Neoplasien von Kolon, Uterus und Blase; desweiteren Pancoast-Tumoren und Chondrosarkome) unterhalb eines Niveaus von $C_6$.

**Vordere Kommissurotomie und longitudinale Myelotomie.** Den Vorteil einer auf wenige Segmente begrenzten Schmerzunterbrechung bietet die vertikale und/oder horizontale Durchtrennung des Tractus spinothalamicus (kommissurale bzw. longitudinale Myelotomie). Dieser Eingriff wird überwiegend zwischen den Segmenten $L_1$ und $S_1$ durchgeführt und eignet sich besonders für Schmerzen der unteren Körperhälfte, speziell im Beckenbereich und der Perinealregion. Ursächlich stehen hier Tumoren des Urogenitaltrakts, Rektumkarzinome und infiltrative Prozesse des Plexus lumbosacralis im Vordergrund. Wegen der Kreuzung der Schmerzfasern eines peripheren Segments sollte die Inzision mindestens 3 Segmenthöhen umfassen. Mögliche Komplikationen sind temporäre Dysästhesien, Extremitätenataxie sowie Darmatonie [6, 14, 29].

Die Möglichkeit zur intraoperativen Erfolgskontrolle bietet die von Schvarcz 1978 beschriebene Methode der zervikomedullären (extralemniskalen) Myelotomie, die in Lokalanästhesie und unter CT-Kontrolle stereotaktisch durchgeführt wird.

**Periphere Neurotomie.** Bei lokaler Affektion eines peripheren Nervs, entweder durch Primärtumor oder Metastasen, resultieren häufig neuralgiforme Schmerzsyndrome. Wenn neurolytische Blockaden nicht mehr helfen, ist die Indikation zu einer operativen Durchtrennung gegeben. In der Regel kommt hierfür heutzutage die *Thermokoagulation* zum Einsatz, da Alkohol- oder Phenolinfiltrationen zu langfristigen Nervenschäden führen [27].

Eine spezielle Variante der Neurotomie ist die *Facettendenervierung*, bei der nach vorangegangener Testinfiltration mit einem Lokalanästhetikum eine Thermokoagulation der das äußere Zwischenwirbelgelenk innervierenden Äste des R. dorsalis des Spinalnerven durchgeführt wird. Die Nervenfasern gehen dabei in Höhe der Ligg. intertransversaria ab, ziehen dann nach innen unten und halten somit die Höhe des Gelenkspalts ein, d.h. die Gelenknerven $LW_{4/5}$ gehören zum in Höhe $LW_{4/5}$ austretenden Spinalnerven. Es besteht lediglich die Möglichkeit, daß einige Äste der Gelenknerven bis zum oberen Anteil des nächst tieferen kleinen Wirbelgelenks ziehen, weshalb die Ausschaltung mindestens zweier Segmenthöhen empfohlen wird. Dieses sog. Facettensyndrom tritt häufig bei paraspinal gelegenen Tumoren bzw. paravertebraler Metastasierung auf [30].

Eine japanische Arbeitsgruppe führte bei Patienten mit thorakalen Tumoren und intrapelvinen Metastasen eine Thermokoagulation der spinalen Nervenwurzeln mit guten Erfolgen durch [19].

**Exhairese.** Das „Herausdrehen" eines gut zugänglichen Nervs (meist Trigeminusäste und der N. okzipitalis major) ist als Ultima ratio bei Versagen aller anderen Therapiemöglichkeiten anzusehen, da es sehr oft zu Deafferenzierungsbeschwerden und zur Anästhesia dolorosa kommt. Dieses Verfahren, dessen Anwendungsgebiet u.a. Schmerzen durch Tumoren des Kopf- und Halsbereichs umfaßt, wird daher kaum noch praktiziert.

**Sympathektomie.** Operative Verfahren am vegetativen Nervensystem sind durch die in den letzten Jahren sehr gute Anwendbarkeit regional wirksamer Substanzen (z.B. Guanethidin) stark in den Hintergrund getreten. Ein offener Eingriff am Grenzstrang kommt nur bei Versagen der perkutanen – gegenwärtig bereits vielfach endoskopisch gesteuerten – Thermokoagulation in Frage [27]. Hauptindikation sind neben den vegetativ unterhaltenen Schmerzsyndromen bei verschiedenen Grundkrankheiten (u.a. auch maligne Prozesse), die sympathische Reflexdystrophie und Erkrankungen vaskulärer Genese.

*Intrakraniell*

**Perkutane Thermokoagulation des Ganglion Gasseri.** Stellvertretend für die kranialen Nerven wird am Beispiel des am häufigsten betroffenen N. trigeminus ein etabliertes Verfahren beschrieben. Die Behandlung der durch besonders quälende Schmerzattacken gekennzeichneten Trigeminusneuralgie – überwiegend sind der 2. und 3. Ast betroffen – ist seit jeher eine große ärztliche Herausforderung. Wenn ein kausales Vorgehen nicht möglich ist und die medikamentöse Therapie erschöpft ist, bietet sich als Methode der Wahl die 1931 erstmals von Kirschner angewandte elektrische Thermokoagulation des Ganglion Gasseri an [9]. In Kurznarkose wird etwa 3 cm lateral des Mundwinkels punktiert. Unter Röntgenkontrolle wird die Elektrode durch das Foramen ovale bis zur Clivuskante vorgeschoben. Die korrekte Lage wird in üblicher Weise über die durch Reizimpulse beim Patienten hervorgerufenen Parästhesien überprüft. Anschließend wird mit einer Temperatur, die nicht über 70 °C liegen sollte, koaguliert. Da die nichtmyelinisierten nozizeptiven Fasern zuerst ausfallen, ist die Destruktion dosierbar. Gleichzeitig besteht die Möglichkeit, die Corneasensibilität zu erhalten und damit die gefürchtete Keratitis neuroparalytica zu vermeiden. Die anfängliche Schmerzfreiheit liegt bei mindestens 96%, die Rezidivrate in Abhängigkeit von der Nachbeobachtungszeit zwischen 8 und 31% (21 Jahre). Reinnervierungen, Anastomosen zwischen motorischer und sensorischer Bahn sowie aberrierende sensorische Wurzeln im Ponsbereich sind primär für das Wie-

derauftreten der Beschwerden verantwortlich. Komplikationen sind neben der Anästhesia dolorosa (1–25%), die Anästhesie der Cornea (1–35%) und eine Masseterparese (10–25%) [29]. Dieses Verfahren kommt primär bei Tumoren der mittleren und hinteren Schädelgrube, die den Nerven beispielsweise im Verlauf vom Hirnstamm zum Cavum Meckeli komprimieren und deren kausale Behandlung nicht möglich ist, in Frage.

In Analogie zum vorbeschriebenen Verfahren ist für den N. glossopharyngeus die Möglichkeit der Ausschaltung des Ganglion Andersch durch eine Punktion über das Foramen jugulare gegeben [7].

**Thalamotomie, Cingulotomie, Hirnstammtrakotomie.** Die sterotaktische *Ausschaltung thalamischer Kerne* sollte nur bei zentralen Schmerzzuständen Anwendung finden, wenn sämtliche anderen Therapieversuche erfolglos geblieben sind. Dabei werden der kaudale Ventralkern als Endigung des Tractus spinothalamicus, die Nucleii limitans, parafascicularis und medialis, das Centrum medianum sowie die intralaminären Thalamuskerne koaguliert. Den anfänglichen Erfolgen muß jedoch eine Rezidivquote von ca. 70% nach 1 Jahr und das Auftreten erweiterter sensibler Defizite inklusive Anästhesia dolorosa entgegengehalten werden [27].

Die 1967 von Foltz und White beschriebene stereotaktische *Radiofrequenz-Cingulotomie* erreicht Schmerzreduktion durch Indifferenz ohne die Gefahr der Persönlichkeitsstörung. *Medulläre und mesenzephale Traktotomien* sind mit nach einigen Monaten auftretenden schweren Dysästhesien behaftet und stehen am Ende der therapeutischen Erwägungen. Alle vorgenannten Verfahren sollten nur bei Versagen der anderen Therapiemöglichkeiten bei multilokulären und diffusen Schmerzsyndromen sowie bei malignen Prozessen des Kopf- und Halsbereichs angewandt werden und sind hier nur aus Gründen der Vollständigkeit erwähnt.

**Hypophysektomie.** Die Ausschaltung der Hypophyse durch operative Entfernung, Alkohol und Radionuklide ist in ihrer Wirkungsweise nach wie vor nicht geklärt. Zunächst wurde – bedingt durch eine gute analgetische Wirkung bei diffusen Knochenschmerzen durch metastasierende Seminome, Prostata-, Mamma- und Zervixkarzinome – ein hormoneller Zusammenhang vermutet. Jedoch haben verschiedene Untersuchungen gezeigt, daß die Schmerzreduktion keine Korrelation zu den fallenden Hormonspiegeln hat. Das Verfahren kommt daher auch für hormoninaktive Tumoren in Betracht. Mögliche Komplikationen schließen endokrine Defizite (Substitutionstherapie!), Verletzung des N. opticus und die Liquorfistel ein [26].

## Nichtablative Verfahren

### *Spinal und peripher*

**Epidurale elektrische Hinterstrangstimulation (DCS).** Die schmerzlindernde Wirkung elektrischer Reize ist bereits aus der Antike mit der Anwendung des „elektrischen Fisches" bekannt und setzte sich im 18. Jahrhundert mit der Entwicklung elektrostatischer Generatoren fort. Durch die pharmazeutische Entwicklung einer befriedigenden medikamentösen Schmerzbehandlung geriet die Elektrotherapie zunächst für dieses Anwendungsgebiet in Vergessenheit, erlebte aber durch die Formulierung der „*Gate-Control-Theorie*" von Mezlack und Wall 1965 eine Renaissance. Diese populäre Schmerztheorie geht im wesentlichen davon aus, daß durch Aktivierung myelinisierter afferenter Nervenfasern, die selbst keine nozizeptiven Impulse leiten, eine präsynaptische Hemmung von Hinterhornzellen des Rückenmarks erreicht wird. Erst durch diese Hemmung wird eine Weiterleitung schmerzhafter Reize auf spinaler Ebene – im Sinne eines Tores – möglich. Neuere tierexperimentelle neurophysiologische Untersuchungen haben jedoch einzelne Punkte widerlegt, so daß auch die Gate-Control-Theorie nur als vereinfachtes Schmerzmodell gesehen werden kann. Damit ist auch der schmerzdämpfende Mechanismus der elektrischen Hinterstrangstimulation letztendlich nicht sicher geklärt. Fest steht jedoch, daß an der sog. absteigenden Hemmung der Schmerzverarbeitung durch Reizung der Hinterhornzellen des Rückenmarks (dorsal column stimulation, DCS) endogene Opioide mitbeteiligt sind. Opiatrezpetoren finden sich in den C-Faser-Endigungen des Hinterhorns und enkephalinhaltige Neurone in der Substantia gelatinosa. Unterstützt wird diese Hypothese durch die klinische Beobachtung, daß die schmerzlindernde Wirkung nach elektrischer Reizung erst verzögert auftritt, anschließend jedoch das Stimulationsende überdauert, was die Freisetzung inhibitorischer Neurotransmitter über neuronale Mechanismen vermuten läßt. Als weiteres Indiz für diese theoretische Überlegungen kann die Tatsache gewertet werden, daß die schmerzlindernde Wirkung durch Naloxongabe blockiert werden kann.

In Lokalanästhesie wird der Epiduralraum entweder über eine interlaminäre Fensterung freigelegt oder mit einer Tuohy-Nadel punktiert. Anschließend wird die mehrpolige Elektrode nach kranial bis zur gewünschten Position vorgeschoben und nach erfolgreicher Teststimulation an der Faszie der Rückenmuskulatur fixiert. Bei Schmerzen der oberen Körperhälfte wird die Elektrode in Höhe $HW_5$-$BW_2$ plaziert, für den unteren Bereich hingegen zwischen dem 8. und 12. Brustwirbel. Anschließend wird durch Variation der Reizparameter (Intensität, Frequenz, Impulsbreite, Reizintervall) über einige Tage das Sti-

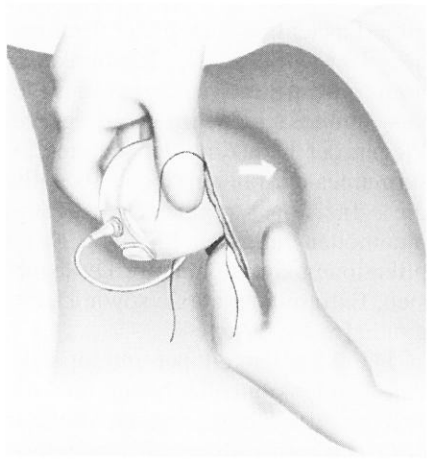

**Abb. 1.** Implantation einer Medikamentenpumpe im rechten Unterbauch mit intraspinalem Katheter (mit Genehmigung der Fa. Medtronic)

mulationsergebnis optimiert. Bei befriedigender Schmerzreduktion wird der Impulsgeber über ein getunneltes Kabel mit der Elektrode verbunden und subkutan an der Bauchwand unterhalb des Rippenbogens implantiert (s. Abb. 2). Der Patient hat durch einen kleinen Magneten die Möglichkeit, das Gerät ein- und auszuschalten. Über ein beim Arzt verbleibendes Programmiergerät kann mittels elektromagnetischer Kopplung jederzeit eine Veränderung der Reizparameter erfolgen.

Als Komplikation müssen in erster Linie Infektionen, Dekubitalulzera (zu oberflächlich verlegte Implantate!) und Liquorfisteln bei Duraverletzung genannt werden. Bruch oder Dislokation der Elektrode sowie Fremdkörperreaktionen konnten durch Materialoptimierung auf unter 10% reduziert werden.

Die besten Langzeitergebnisse und das größte Erfahrungspotential existiert bei Patienten mit Rhizopathien nach Bandscheibenoperationen, inkompletten Plexus- und Nervenläsionen (auch maligner Genese), Postamputationssyndromen und der sympathischen Reflexdystrophie. Bei guter Patientenselektion werden initiale Erfolgsraten von 83% (langfristig von 65%) angegeben [10, 15, 23, 30]. Das Indikationsspektrum hat zuletzt eine erhebliche Erweiterung erfahren. Aufgrund der erfolgreichen Behandlungsergebnisse bei anderweitig ausgereizten Therapieansätzen müssen hier arterielle Verschlußkrankheit und Angina pectoris erwähnt werden. Wenn bei Tumorpatienten mit generalisierten oder multilokulären Schmerzen wegen Unverträglichkeitsreaktionen keine intraspinale Opioidgabe erfolgen kann, ist die Rückenmarkstimulation die ideale Alternative, wobei die Therapieerfolge hier nur zwischen 60 und 70% liegen. Bei malignen Grundleiden ist eine Lebenserwartung unter sechs Monaten als Kontraindikation anzusehen.

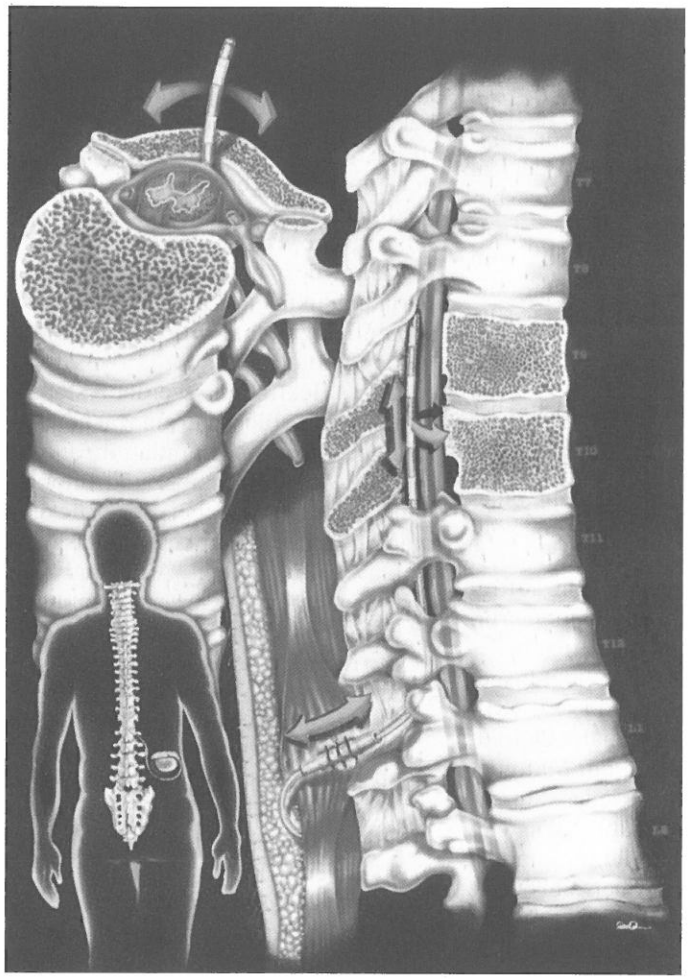

**Abb. 2.** Implantierter Rückenmarkstimulator mit Impulsgeber, epiduralen Elektroden und Zuleitungskabel (mit Genehmigung der Fa. Medtronic)

**Elektrostimulation peripherer Nerven.** Die Elektrostimulation am peripheren Nervensystem kommt im Vergleich zur Hinterstrangreizung nur für ein kleineres Patientenkollektiv in Frage. Die Ergebnisse sind jedoch vergleichbar. Am häufigsten wird der Plexus brachialis stimuliert, wobei der Impulsgeber in diesem Fall in eine infraklavikulär gelegene, subkutane Tasche implantiert wird. Indikationen sind u.a. tumorbedingte Nerven- bzw. Plexuskompressionssyndrome.

**Intraspinale Opioidapplikation.** Die Entdeckung der Opiatrezeptoren im Hinterhorn des Rückenmarks und im periventrikulären Grau ermöglichte einen neuen therapeutischen Ansatz. Lokal applizierte Opioide (Morphin, Fentanyl, Buprenorphin) vermindern die Ansprechbarkeit der nachgeschalteten Neurone auf verschiedene Transmitter (in erster Linie Substanz P) und führen zu einer postsynaptischen Hemmung. Auf spinaler Ebene kann die Applikation sowohl epidural als auch subdural (intrathekal) erfolgen, wobei letztere den Vorteil der Dosisreduktion um den Faktor 10 bietet. Die von der systemischen Gabe bekannten Opiatwirkungen wie Atemdepression, Vigilanzminderung, Übelkeit und Kreislaufinstabilität werden bei der spinalen Anwendung kaum beobachtet, da es hier nur zu einer segmentalen Analgesie kommt.

Mit einer Tuohy-Nadel wird in Höhe der unteren Brustwirbelsäule punktiert und ein Katheter epi- oder subdural eingeführt und anschließend subfaszial fixiert. Der Katheterschlauch wird mit einem Medikamentenreservoir verbunden, welches subkutan an der Bauchwand implantiert wird (Abb. 1). Hierbei gibt es 2 Alternativen:

- ein Portsystem, durch welches jeweils per Fingerdruck eine Bolusabgabe erfolgt, oder
- eine Pumpe (Durchmesser etwa 7 cm), die den Wirkstoff mittels Gas-

druck oder elektromechanisch kontinuierlich abgibt.
Letztere erlaubt neben der Umprogrammierung die tageszeitliche Dosisvariation. Vor einer Implantation empfiehlt sich zur Abschätzung des zu erwartenden Erfolgs und des Dosisbedarfs die mindestens 2malige Testapplikation. In Abhängigkeit vom individuellen Bedarf betragen die durchschnittlichen Auffüllintervalle für das Medikamentenreservoir etwa 6 Wochen.

Komplikationen sind selten und betreffen meist den Katheter, der diskonnektiert oder obturiert sein kann; am ehesten besteht die Gefahr einer Meningitis. Als Nebenwirkungen können Harnretention, generalisierter Pruritus und Atemdepression auftreten. Kontraindikationen sind Gerinnungsstörungen und Infektionen des Patienten. Die Erfolgsrate liegt insgesamt bei über 90% [3, 5, 11, 17, 18].

Eine Therapie mit spinaler Opioidgabe kann bei Patienten mit Malignomen unterschiedlicher Genese durchgeführt werden. Am häufigsten wird dieses Verfahren bei lumbosakralen Schmerzsyndromen – beispielsweise durch urologische, kolorektale oder gynäkologische Tumoren mit Infiltration des kleinen Beckens – eingesetzt. Weitere Indikationen sind Prozesse im Oberbauch (Pankreas, Leber und Magen).

Aufgrund der beschriebenen Vorteile muß die *intrathekale Opioidapplikation* heutzutage als *Therapie der Wahl bei Tumorschmerzen* eingestuft werden.

*Intrakraniell*

**Tiefe Hirnstimulation (DBS).** Basierend auf tierexperimentellen Erkenntnissen werden seit 1973 in der Schmerzbehandlung auch Elektrodensysteme zur Reizung tiefer Hirnstrukturen implantiert. Dabei haben sich insbesondere drei Hirnregionen als sinnvolle Zielgebiete erwiesen:

- das periaquäduktale Grau (PAG) im Mittelhirn um den Aquäductus Sylvii,
- das periventrikuläre Grau (PVG), ein dem 3. Ventrikel benachbartes Gebiet im medialen Thalamus,
- die Region Vcpc im Ventrobasalkomplex des somatosensorischen Thalamus im Endigungsgebiet des Vorderseitenstrangs.

Die Wirkungsmechanismen sind unbekannt. Die Stimulation der somatosensorischen Thalamuskerne oder der unspezifischen Strukturen des medialen Thalamus könnte direkt inhibitorische Bahnen aktivieren. Die Reizung des periventrikulären und periaquäduktalen Grau führt wahrscheinlich zu einer Freisetzung endogener Opioide.

Die Elektroden werden stereotaktisch eingeführt und am wachen Patienten eine Probestimulation durchgeführt. Zuleitungskabel und Impulsgeber werden wie bei der Rückenmarkstimulation subkutan meist infraklavikulär verlegt. Aufgrund von unangenehmen Begleiterscheinungen in Form von Dysphorie und vegetativen Erregungszuständen hat die PAG-Stimulation an Bedeutung verloren. Als Hauptanwendungsgebiet hat sich die Behandlung inkurabler Gesichtsschmerzen, Deafferenzierungsschmerzen und diffuser Schmerzsyndrome bei Karzinompatienten herauskristallisiert. Dabei werden durch Skelettmetastasen hervorgerufene Schmerzen besonders gut über eine Stimulation der absteigenden Bahnen des periaquäduktalen Grau moduliert, wohingegen thalamische Strukturen sehr effektiv bei Deafferenzierungssyndromen sind. Eine europaweite Studie mit über 300 Patienten ergab eine gute Schmerzreduktion in 50% der Fälle. Nebenwirkungen sind selten und hängen vom jeweiligen Stimulationsort ab [20, 27, 30].

**Elektrostimulation des Ganglion Gasseri.** Gerade bei jüngeren Patienten sollte im Falle von Affektionen des N. trigeminus, die nicht kausal therapiert werden können (z.B. inoperabler Tumor im Kopfbereich), der vorbeschriebenen Thermokoagulation als destruierendem Verfahren zunächst die von Steude 1984 eingeführte komplikationsarme Elektrostimulation des Ganglion Gasseri vorangestellt werden [25]. Die technische Durchführung ist in Analogie zu den anderen Elektrostimulationen unproblematisch und zeichnet sich durch eine ebenso gute Erfolgsquote aus.

**Intraventrikuläre Opioidgabe.** Analog zu der spinalen Applikation von Morphinpräparaten kann der Katheter auch ins Ventrikelsystem gelegt und hierüber eine Schmerzlinderung erreicht werden. Neben den vorgehend beschriebenen Varianten bei der Spinalanalgesie besteht hier auch noch die Möglichkeit, ein Ommaya-Reservoir subkutan einzusetzen. Dieses Vorgehen sollte jedoch nur bei malignen Erkrankungen im Finalstadium erfolgen, da der Patient durch häufige Arztbesuche bzw. Hospitalisation zwecks Nachinjektionen stark beeinträchtigt ist. Sehr gute Erfahrungen wurden bei Tumoren des Kopf- und Halsbereichs sowie bei anderweitig nicht angehbaren Gesichtsschmerzen gemacht. Erstaunlicherweise treten auch hier die bekannten, über den Hirnstamm und das Mittelhirn modulierten Nebenwirkungen selten auf und unterstreichen die Indikationsstellung [3, 11, 16].

## Literatur


1. Amano K, Kawamura H, Tanikawa T, Kawabatake H, Iseki H, Iwata Y, Taira T (1991) Bilateral versus unilateral percutaneous high cervical cordotomy as a surgical method for pain relief. Acta Neurochir (Wien) 52 [Suppl]:143–145
2. Arbit E, Galicich JH, Burt M, Mallya K (1989) Modified open thoracic rhizotomy for treatment of intractable chest wall pain of malignant etiology. Ann Thorac Surg 48:820–823
3. Choi CR, Ha YS, Ahn MS, Lee JS, Song JU (1989) Intraventricular or epidural injection of morphine for severe pain. Neurochirurgia 32:180–183
4. Foerster O (1913) Vorderseitenstrangdurchtrennung im Rückenmark zur Beseitigung von Schmerzen. Berl Klin Wschr 50:1499
5. Follet KA, Hitchon PW, Piper J (1992) Response of intractable pain to continuous intrathecal morphine: a retrospective study. Pain 49:21–25
6. Gildenberg PL (1984) Myelotomy and percutaneous cervical cordotomy for the treatment of cancer pain. Appl Neurophysiol 47:208–215
7. Giorgi C, Broggi G (1984) Surgical treatment of glossopharyngeal neuralgia and pain from cancer of the nasopharynx. A 20-year experience. J Neurosurg 61:952–955
8. Ischia S, Ischia A, Luzani A, Toscano D, Steele A (1985) Results up to death in the treatment of persistent cervico-thoracic (Pancoast) and thoracic malignant pain by unilateral percutaneous cervical cordotomy. Pain 21:339–355

## Fazit für die Praxis

*Die neurochirurgische Schmerzbehandlung verfügt heute über eine breite Palette operativer Maßnahmen. Grundlegend sind dabei die destruierenden von den modulierenden Eingriffen zu unterscheiden. Erstere werden schon längere Zeit angewandt und können durch verbessertes mikrochirurgisches Instrumentarium und die Entwicklung neuer perkutaner Techniken komplikationsarm durchgeführt werden, sollten aber wegen der hohen Rezidivquote Patienten mit einer geringeren Lebenserwartung vorbehalten bleiben. Hier sind besonders Rhizotomie, Chordotomie und Thermokoagulation zu nennen, die sich durch Erfolgsraten zwischen 50 und 80% auszeichnen. Bei den schmerzmodulierten Eingriffen sind die elektrische Hinterstrangstimulation des Rückenmarks und die spinale intrathekale Opioidapplikation hervorzuheben. Beide Verfahren sind durch verbesserte Materialverträglichkeit, verbunden mit der unkomplizierten Implantation und der einfachen Handhabung für den Patienten, aus der modernen Schmerzchirurgie nicht mehr wegzudenken.*

*Einige Patienten leiden bereits in sehr frühen Krebsstadien unter starken Schmerzen; vor ihnen liegt möglicherweise eine mehrjährige, strapaziöse Behandlungsdauer. Gerade diesem Personenkreis kann man durch den Einsatz von Elektrostimulation und Medikamentenpumpen eine fast normale Lebensführung ermöglichen. Bei fortschreitender Krankheit können diese Systeme auf nichtinvasivem Weg schnell den Erfordernissen angepaßt werden. Oberstes Ziel sollte eine schmerzreduzierende Behandlung sein, die dem Patienten in Abhängigkeit von seinen persönlichen Umständen (Schmerzlokalisation, Allgemeinzustand, Krankheitsdauer, soziale Faktoren) eine akzeptable Lebensqualität erhält. Auf keinen Fall sollte der Patient wegen eines aus Unkenntnis nicht wahrgenommenen schmerzchirurgischen Eingriffs unnötig leiden, da uns doch gerade die guten Ergebnisse der letzten Zeit zum Handeln ermuntern.*

*Aufgrund der mittlerweile vorliegenden klinischen Erfahrungen sollte den modulierenden Verfahren – besonders der intrathekalen Opioidapplikation – bei Malignomschmerzen der Vorzug gegeben werden.*


9. Kirschner M (1931) Zur Elektrochirurgie. Arch Klin Chir 161:761–768
10. Kumar K, Nath P, Wyant GM (1991) Treatment of chronic pain by epidural spinal cord stimulation: a 10 year experience. J Neurosurg 75:402–407
11. Lazorthes Y, Verdie JC, Bastide R, Lavados A, Descouens D (1985) Spinal versus intraventricular chronic opiate administration with implantable drug delivery devices for cancer pain. Appl Neurophysiol 48:234–241
12. Nashold BS, Ostdahl RH (1979) Dorsal root entry zone lesions for pain relief. J Neurosurg 51:59–69
13. Nathan PW (1963) Results of antero-lateral cordotomy for pain in cancer. J Neurol Neurosurg Psychiat 26:353
14. Nittner K (1980) Möglichkeiten der neurochirurgischen Schmerzbeeinflussung. Fortschr Neurol Psychiatr 48:571
15. North RB, Kidd DH, Zahurak M, James CS, Long DM (1993) Spinal cord stimulation for chronic, intractable pain: Experience over two decades. Neurosurgery 32:384–394
16. Obbens EA, Hill CS, Leavens ME, Ruthenbeck SS, Otis F (1987) Intraventricula morphine administration for control of chronic cancer pain. Pain 28: 61–68
17. Onofrio BM, Yaksh TL, Arnold PG (1981) Continuous low-dose intrathecal morphine administration in the treatment of chronic pain of malignant origin. Mayo Clin Proc 56:516–520
18. Onofrio BM, Yaksh TL (1990) Long-term pain relief produced by intrathecal morphine infusion in 53 patients. J Neurosurg 72:200–209
19. Ooseto K, Nishina H, Shiotani M et al. (1993) Treatment of cancer pain with the percutaneous electrocoagulation of spinal nerves. Masui 42:1177–1183
20. Richardson DE, Akil H (1977) Pain reduction by electrical brain stimulation in man. 2. Chronic self-administration in the periventricular gray matter. J Neurosurg 47:184
21. Rosomoff HL, Carroll F, Brown J, Shepiak P (1965) Percutaneous radiofrequency cervical cordotomy: technique. J Neurosurg 23:639–644
22. Schwartz HG (1967) High cervical cordotomy. J Neurosurg 26:452–455
23. Shealy CN, Mortimer JT, Reswick J (1967) Electrical inhibition of pain by stimulation of the dorsal column: preliminary clinical reports. Anesth Analg 46:489–491
24. Sindou M, Daher A (1988) Spinal cord ablation procedures for pain. In: Dubner, Gebhart, Bond (eds) Pain research and clinical management, vol. 3. Elsevier, Amsterdam, pp 477–495
25. Steude U (1984) Radiofrequency electrical stimulation of the gasserian ganglion in patients with atypical trigeminal pain. Methods of percutaneous temporary test-stimulation and permanent implantation of stimulation devices. Acta Neurochir (Wien) 33:481–486
26. Takeda F, Fujii T, Uki J, Fuse Y, Tozawa R, Kitani Y, Fujita T (1983) Cancer pain relief and tumor regression by means of pituitary neuroadenolysis and surgical hypophysectomy. Neurol Med Chir (Tokyo) 23:41–49
27. Thoden U (1987) Prinzipien der Schmerzbehandlung. In: Thoden U (Hrsg) Neurogene Schmerzsyndrome. Hippokrates, Stuttgart, S 28–45
28. Thomas DG, Kitchen ND (1994) Long-term follow up of dorsal root entry zone lesions in brachial plexus avulsion. J Neurol Neurosurg Psychiat 57:737–738
29. van Roost D, Gybels J (1989) Myelotomies for chronic pain. Acta Neurochir [Suppl] (Wien) 46:69–72
30. Winkelmüller W (1993) Neurochirurgische Methoden. In: Zenz M, Jurna I (Hrsg) Lehrbuch der Schmerztherapie. Wiss Verl.-Ges., Stuttgart, S 209–219