

Inhaltsverzeichnis

Intrathekale Therapie	21
1.1. Anatomische Grundlagen	21
1.1.1. Rückenmark, Rückenmarkshäute und Rückenmarksräume	21
1.1.1.1. Spatium subarachnoidale	22
1.1.1.2. Spatium subdurale	22
1.1.1.3. Spatium epidurale (Spatium peridurale, Epiduralraum)	22
1.1.2. Erreichbarkeit der Räume	22
1.1.2.1. Hiatus sacralis in der Regio sacralis	22
1.1.2.2. Pars lumbalis des Rückens	23
1.1.2.3. Pars thoracica des Rückens	24
1.1.2.4. Pars cervicalis des Rückens alias Nackenregion	24
1.2. Implantationstechnik	25
1.2.1. Indikationen	25
1.2.2. Kontraindikationen	25
1.2.3. Testphase	25
1.2.4. Implantation Katheter und Port-A-Cath	25
1.2.5. Pumpenimplantation	27
1.2.6. Komplikationen	27
1.3. Intrathekale Therapie mit Opioiden: Wirkung und Nebenwirkungen	28
1.3.1. Hintergrund	28
1.3.2. Methodik	31
1.3.3. Indikationen zur intrathekalen Opioid-Therapie	33
1.3.4. Unerwünschte Nebenwirkungen	34
1.3.5. Zusammenfassung	36
1.4. Intrathekale Opioid-Gabe bei Karzinomschmerzen	38
1.4.1. Einleitung	38
1.4.2. Klassifikation des Karzinomschmerzes	38
1.4.3. Wirksamkeit der intrathekalen gegenüber der systemischen Opioid-Analgesie	39
1.4.4. Besonderheiten der intrathekalen Opioid-Analgesie	39
1.4.4.1. Medikamentenverteilung	39
1.4.4.2. Physikochemische Eigenschaften	39
1.4.4.3. Position der Katheterspitze	40
1.4.5. Patientenauswahl	40
1.4.5.1. Indikationen für eine interventionelle Therapie und damit auch für die Anlage eines IDDS	40
1.4.5.2. Spezialfall der <i>cancer survivors</i>	40
1.4.5.3. Optimaler Zeitpunkt für die intrathekale Analgesie und die Anlage eines IDDS	41
1.4.6. Management des IDDS	42
1.4.6.1. Medikamente	42
1.4.6.2. Katheterlage	43
1.4.6.3. Spezielle Programmierungen	44
1.4.6.4. Patientenkontrollierte intrathekale Analgesie (PCIA)	44
1.4.7. Nebenwirkungen des IDDS	44
1.4.7.1. Störungen der endokrinen Funktion	45
1.4.7.2. Technische und Managementprobleme bei der IDDS	45
1.4.8. Zusammenfassung	46
1.5. Ziconotid: Behandlungsoption bei chronischen therapierefraktären Schmerzen	46
1.5.1. Pharmakologie	46
1.5.2. Analgetische Wirkung	47
1.5.3. Indikationen	47

1.5.4. Kontraindikationen und unerwünschte Wirkungen 48

1.5.5. Dosierung 48

1.5.6. Patientenauswahl 50

1.5.7. Behandlung in spezialisierten interdisziplinären Zentren 50

1.5.8. Engmaschige Betreuung 50

1.6. Intrathekale Gabe von Ziconotid mit Fallbeispielen 51

1.6.1. Ziconotid intrathekal 51

1.6.2. Dosisanpassung 52

1.6.3. Medikamentenkombinationen 52

1.6.4. Hardware und Technik 53

1.6.5. Fallbeispiele 53

1.6.6. Zusammenfassung 55

1.7. Intrathekale Schmerz- und Spastiktherapie aus neurochirurgischer Sicht 56

1.7.1. Einleitung 56

1.7.2. Indikation und Patientenselektion 56

1.7.3. Tipps zur Implantation 57

1.7.4. Zusammenfassung 59

1.8. Komplikationen der intrathekalen Schmerztherapie 60

1.8.1. Einleitung 60

1.8.1.1. Mechanische Komplikationen 60

1.8.1.2. Pharmakologische Nebenwirkungen 62

1.8.1.3. Iatrogene Komplikationen 63

1.8.1.4. Chirurgische Komplikationen 64

1.8.2. Zusammenfassung 64

1.9. Neuroimplantate: Chirurgische Komplikationen und Komplikationsmanagement 65

1.9.1. Einleitung 65

1.9.2. Chirurgische Komplikationen bei Neurostimulationssystemen 65

1.9.2.1. Implantatassoziierte mechanische Komplikationen 65

1.9.2.2. Implantatassoziierte biologische Komplikationen 67

1.9.3. Chirurgische Komplikationen bei intrathekalen Pumpensystemen 69

1.9.3.1. Implantatassoziierte mechanische Komplikationen 69

1.9.3.2. Implantatassoziierte biologische Komplikationen 70

1.9.4. Prävention der chirurgischen Komplikationen 70

1.9.5. Zusammenfassung 70

 **Neurostimulation** **73**

2.1. Stellenwert der Neurostimulation in der Therapie chronischer Schmerzen 73

2.1.1. Elektrische Neurostimulationsverfahren zur Behandlung chronischer Schmerzen 73

2.1.1.1. Epidurale Rückenmark-Stimulation (SCS) 74

2.1.1.2. Spinalganglion-Stimulation (DRG) 74

2.1.1.3. Periphere Nervenstimulation (PNS) 75

2.1.1.4. Subkutane Nervenstimulation (SCNS) 75

2.1.2. Allgemeine Ein- und Ausschlusskriterien für elektrische Neuromodulationsverfahren 75

2.1.3. Indikationen 76

2.1.3.1. Indikationen für die epidurale Rückenmark-Stimulation 76

2.1.3.2. Indikationen einer Spinalganglion-Stimulation 76

2.1.3.3. Indikationen einer peripheren Nervenstimulation 76

2.1.3.4. Indikationen einer subkutanen Nervenstimulation 76

2.1.4. Testphase und Implantation 76

2.1.4.1. Vorbereitung 76

2.1.4.2. Testphase 76

2.1.4.3. Positionierung der Elektroden 77

2.1.4.4.	Infektionsprophylaxe	77
2.1.5.	Komplikationen	77
2.1.5.1.	Systemassoziierte Komplikationen	78
2.1.5.2.	Biologische Komplikationen	78
2.1.6.	Therapieziel und Messung des Therapieerfolgs	78
2.1.7.	Strukturierte Nachsorge	79
2.2.	Grundlagen der epiduralen Rückenmark-Stimulation	80
2.2.1.	Technik	80
2.2.2.	Indikationen	82
2.2.3.	Implantation	82
2.3.	Epidurale Rückenmark-Stimulation bei peripheren Durchblutungsstörungen	84
2.3.1.	Symptome und Stadien der peripheren arteriellen Verschlusskrankung	84
2.3.2.	Rolle des Schmerztyps	84
2.3.3.	Wirkmechanismen und Nachweis der Wirksamkeit der SCS	85
2.3.4.	Indikationen und Therapieziele	85
2.3.5.	Vorteile der SCS	86
2.3.6.	Testphase, prognostische Faktoren und methodische Probleme	86
2.3.7.	Zusammenfassung	87
2.4.	Epidurale Rückenmark-Stimulation bei CRPS mit Patientenbeispiel	87
2.4.1.	Einleitung	87
2.4.2.	Effekte der SCS	88
2.4.3.	Indikationen der SCS	88
2.4.4.	Patientenbeispiel	88
2.4.5.	SCS bei CRPS	91
2.4.6.	Zusammenfassung	91
2.5.	Neurostimulation mit Patientenbeispielen	92
2.5.1.	Allgemeine Informationen	92
2.5.2.	Anwendung	92
2.5.3.	Implantation	93
2.5.3.1.	Testphase	93
2.5.3.2.	Definitive Implantation	93
2.5.4.	Wissenschaftliche Bewertung	93
2.5.5.	Patientenbeispiele	93
2.6.	Periphere Nervenstimulation (PNS)	95
2.6.1.	Subkutane periphere Nervenstimulation (SPNS)	96
2.6.1.1.	Fraglicher Wirkmechanismus	97
2.6.1.2.	Implantation	98
2.6.1.3.	Operationstechnik (AKH Wien)	99
2.6.2.	Studienlage	101
2.6.3.	Zusammenfassung	103
2.7.	Technik subkutaner Stimulation – Periphere Nervenfeld-Stimulation (PNFS)	104
2.7.1.	Historie	104
2.7.2.	Begriffsfindung	105
2.7.3.	Anatomie und Physiologie	105
2.7.4.	Anamnese und Kommunikation mit Patienten	106
2.7.5.	Körperliche Untersuchung und Testung	107
2.7.6.	Präoperative Vorbereitung	107
2.7.7.	Sonden	108
2.7.8.	Implantation	108
2.7.9.	Ersteingriff	108
2.7.10.	Anker	109

2.7.11.	Testphase.....	110
2.7.12.	Fiximplantation	111
2.7.13.	Hybridstimulation.....	111
2.7.14.	Okzipitalnerven-Stimulation (ONS) – ein Spezialfall der subkutanen Stimulation	112
2.7.15.	Programmierung.....	112
2.7.16.	Komplikationsbewältigung.....	113
2.7.17.	Zusammenfassung.....	113
2.8.	Tiefe Hirnstimulation in der Schmerztherapie.....	115
2.8.1.	Läsionelle Verfahren in der Schmerzbehandlung	117
2.8.1.1.	Nozizeptiver Schmerz	117
2.8.1.2.	Neuropathischer Schmerz	119
2.8.1.3.	Definitive Neurolyse.....	120
2.8.1.4.	Passagere Neurolyse	121
2.8.2.	Tiefe Hirnstimulation	122
2.8.2.1.	Vorgangsweise und Elektrodenapplikation/Implantation	122
2.8.2.2.	Innsbrucker Algorithmus zur invasiven intrazerebralen Schmerztherapie.....	123
2.8.3.	Motorkortex-Stimulation (MCS).....	125
2.8.4.	Ganglion Gasseri-Stimulation.....	125
2.9.	Cluster-Kopfschmerz und Gesichtsschmerz	128
2.9.1.	Cluster-Kopfschmerz	128
2.9.1.1.	Definition	128
2.9.1.2.	Historisches.....	128
2.9.1.3.	Ätiologie und Pathogenese.....	128
2.9.1.4.	Epidemiologie	129
2.9.1.5.	Diagnostische Kriterien.....	129
2.9.1.6.	Klinik	129
2.9.1.7.	Diagnostik	131
2.9.1.8.	Therapie	132
2.9.1.9.	Differenzialdiagnose	134
2.9.2.	Gesichtsschmerz	135
2.9.2.1.	Schmerzen zurückzuführen auf eine Läsion oder Erkrankung des N. trigeminus	135
2.9.2.2.	Schmerzen zurückzuführen auf eine Läsion oder Erkrankung des N. glossopharyngeus.....	138
2.9.2.3.	Schmerzen zurückzuführen auf eine Läsion oder Erkrankung des N. intermedius	138
2.9.2.4.	Okzipitalisneuralgie	138
2.9.2.5.	Nacken-Zungen-Syndrom	139
2.9.2.6.	Schmerzhafte Optikusneuritis	139
2.9.2.7.	Kopfschmerz zurückzuführen auf eine ischämische Lähmung des N. oculomotorius	139
2.9.2.8.	Tolosa-Hunt-Syndrom.....	139
2.9.2.9.	Paratrigeminales okulosympathisches (Raeder-)Syndrom.....	140
2.9.2.10.	Rezidivierende schmerzhafte ophthalmoplegische Neuropathie.....	140
2.9.2.11.	Syndrom des brennenden Mundes (BMS)	140
2.9.2.12.	Anhaltender idiopathischer Gesichtsschmerz (<i>Persistent idiopathic facial pain</i>).....	141
2.9.2.13.	Zentraler neuropathischer Schmerz.....	141
2.10.	Periphere Neurostimulation bei Kopf- und Gesichtsschmerzen	142
2.10.1.	Einleitung.....	142
2.10.2.	Geschichte.....	142
2.10.3.	Patientenselektion	142
2.10.4.	Stimulationsverfahren.....	143
2.10.4.1.	Stimulation des N. occipitalis	143
2.10.4.2.	Stimulation des Ganglion pterygopalatinum (früher: Ggl. sphenopalatinum)	144
2.10.4.3.	Stimulation des N. vagus	145
2.10.4.4.	Stimulation des Ganglion Gasseri	145
2.10.4.5.	Stimulation der peripheren Trigeminasäste	146

2.10.5. Limitationen und Perspektiven 146

2.11. Rekonstruktive Nerven Chirurgie – Schmerzen wegoperieren? 147

2.11.1. Nervenverletzungen 148

2.11.2. Nerven einengungen – Kompressionsneuropathien 150

2.11.3. Chronische bewegungsabhängige Mikrotraumen 159

2.11.4. *Tethered Nerve* – „angebundener“, fixierter Nerv 159

2.11.5. Andere operative Behandlungsmethoden 159

2.11.6. Zusammenfassung 159

2.12. Neudefinition der SCS-Technologie: gezieltes Ansprechen und dosiertes Stimulieren neuraler Elemente 160

2.12.1. Einführung 160

2.12.2. Fortschritte bei der neuronalen Ausrichtung in der SCS-Technologie 162

2.12.2.1. Präzise räumliche Ausrichtung unter Verwendung mehrfach unabhängiger Stromquellen (MICC) 163

2.12.2.2. Gezieltes Ansprechen der Hinterstrangfasern auf die parästhesiebasierte SCS (Illumina™ 3D-Algorithmus) 164

2.12.2.3. Targeting des Hinterhorns für die SCS der Sub-Perception (Contour™ Algorithmus) 165

2.12.2.4. Kombinationstherapie: Simultane Nutzung multipler Wirkmechanismen unter Verwendung mehrerer Modalitäten 167

2.12.3. Klinischer Nachweis 167

2.12.3.1. Parästhesiebasierte Therapie 167

2.12.3.2. Sub-Perception-Therapie 168

2.12.3.3. Kombinationstheorie 170

2.12.4. Schlussfolgerung 171



Zervikale Sympathikusblockaden 175

3.1. Anatomie des Truncus sympathicus (Grenzstrang) 175

3.1.1. Generelle Anatomie 175

3.1.2. Pars cervicalis 175

3.1.3. Pars thoracica 176

3.1.4. Pars lumbalis/abdominalis 177

3.1.5. Pars sacralis 177

3.1.6. Preaortale Plexus 178

3.2. Neurolysen – Blockade des Plexus coeliacus (Coeliacusblockade) 179

3.2.1. Grundlagen 179

3.2.2. Zusammenfassung 181

3.3. Zervikale sympathische Blockaden 182

3.3.1. Anatomischer Überblick 182

3.3.2. Indikation und Evidenz der Ganglionären lokalen Opioid-Analgesie (GLOA) 183

3.3.3. Perorale Landmarken-Punktionstechnik des GCS für die GLOA 183

3.3.4. Indikation und Evidenz der Ganglion stellatum-Blockade (GSB) 184

3.3.5. Komplikationen 185

3.3.6. Nebenwirkungen 186

3.3.7. Ultraschallgestützte Punktionstechnik des Ggl. stellatum 186

3.4. CT-gezielte Schmerzblockaden 189

3.4.1. Einleitung 189

3.4.2. CT-gesteuerte Schmerztherapieverfahren 189

3.4.2.1. CT-gezielte Blockaden zervikaler, thorakaler oder lumbosakraler Schmerzen 190

3.4.2.2. CT-gezielte Facettengelenks-Denervation (Rhizolyse) als Alternative zur operativen Rhizotomie 191

3.4.2.3. CT-gezielte Blockade des Iliosakralgelenks 191

3.4.2.4. CT-gezielte Blockade der Costotransversalgelenke und Costovertebralgelenke 192

3.4.2.5. CT-gezielte selektive (transforaminale) periradikuläre Nervenwurzelblockade 192

3.4.2.6. CT-gezielte epidurale Nervenwurzelblockade 194

3.4.2.7.	CT-gezielte Blockade (Neurolyse) von Plexus coeliacus, Plexus sympathicus und Plexus hypogastricus sup. bei Tumorschmerzen	194
3.4.3.	Zusammenfassung	198
3.5.	Rückenmarksnahe Kortikosteroid-Applikation	198
3.5.1.	Warum ist die Evidenz der epiduralen Applikation von Kortikosteroiden so niedrig?	198
3.5.2.	Wie ist sicher sind Kortikosteroide?	198
3.5.3.	Schlussfolgerungen	201

Radiofrequenz-Therapie

203

4.1.	Der Stellenwert der Radiofrequenz-Denervierung in der Therapie chronischer Schmerzen	203
4.1.1.	Einleitung	203
4.1.2.	Begriffsbestimmungen	203
4.1.3.	Durchführung und Wirkprinzip der Radiofrequenz-Denervierung	204
4.1.4.	Patientenselektion	204
4.1.5.	Indikationen	205
4.1.6.	Komplikationen, Sicherheit und Nebenwirkungen	205
4.1.7.	Absolute und relative Kontraindikationen	205
4.1.8.	Durchführende Fachrichtungen	206
4.2.	Anatomische Grundlagen für die Radiofrequenz-Therapie	208
4.2.1.	Ramus dorsalis im Bereich der Halswirbelsäule	208
4.2.2.	Ramus dorsalis im Bereich der Brustwirbelsäule	208
4.2.3.	Ramus dorsalis im Bereich der Lendenwirbelsäule	209
4.3.	Schmerzbehandlung mit Radiofrequenz-Therapie: Grundlagen und technische Aspekte ..	210
4.3.1.	Grundlagen und technische Aspekte der Radiofrequenz-Therapie	210
4.3.1.1.	Gleichstrom, Wechselstrom, Impedanz	210
4.3.1.2.	Temperaturmessung und Temperaturregulation	211
4.3.2.	Thermale RF, CRF (Kontinuierliche Radiofrequenz-Therapie)	211
4.3.2.1.	Monopolare CRF	211
4.3.2.2.	Monopolar gekühlte CRF	212
4.3.2.3.	Bipolare CRF	213
4.3.3.	Läsionsgröße	214
4.3.3.1.	Elektrodengröße, Elektrodenoberfläche, Temperatur und Läsionsdauer	214
4.3.3.2.	Kanülen und Elektroden, Integrale Nadelelektrode	215
4.3.3.3.	Gerade oder gebogene Elektrodenkanülen und spezielle Sonderformen	216
4.3.4.	Gepulste Radiofrequenz (PRF)	217
4.3.4.1.	PRF versus CRF	217
4.3.4.2.	Bipolare PRF	219
4.3.4.3.	PRF <i>Puls Dose</i> , Spannungskonstanz vs. Impulsdauerkonstanz	220
4.4.	Radiofrequenz-Therapie am Kniegelenk	223
4.4.1.	Einleitung	223
4.4.2.	Indikationen zur Radiofrequenz-Therapie am Kniegelenk	223
4.4.3.	Durchführung der Radiofrequenz-Therapie am Kniegelenk	224
4.4.3.1.	Methoden	224
4.4.3.2.	Vorbereitung	225
4.4.3.3.	Patientenlagerung	225
4.4.3.4.	Platzierung der großflächigen Neutralelektrode	225
4.4.3.5.	Zielstruktur und Anatomie der Genikularnerven	226
4.4.4.	Lokalisierung und Nadelpunktion zur Radiofrequenz-Therapie am Kniegelenk	226
4.4.4.1.	Sonographie-gesteuerte Punktion zur Radiofrequenz-Therapie am Kniegelenk	228
4.4.4.2.	Durchleuchtungsgezielte Punktion zur Radiofrequenz-Therapie am Kniegelenk	228
4.4.4.3.	Durchleuchtungsgezielte Punktion zur Radiofrequenz-Therapie am Kniegelenk nach sonographischer Nervenlokalisierung	228

4.4.5.	Teststimulation zur korrekten Position der Elektroden (Kanülen).....	229
4.4.5.1.	Sensorische Stimulation	229
4.4.5.2.	Motorische Stimulation.....	230
4.4.6.	Impedanz-Messung	230
4.4.7.	Radiofrequenz-Thermoläsion.....	230
4.4.7.1.	Thermale RF	230
4.4.7.2.	Gepulste RF	230
4.4.8.	Nachversorgung	231
4.5.	Radiofrequenz-Therapie am Hüftgelenk	232
4.5.1.	Einleitung.....	232
4.5.2.	Indikationen zur Radiofrequenz-Therapie	232
4.5.3.	Eingriff der Radiofrequenz-Therapie am Hüftgelenk	233
4.5.3.1.	Methoden	233
4.5.3.2.	Vorbereitung	233
4.5.3.3.	Patientenlagerung	234
4.5.3.4.	Platzierung der großflächigen Neutralelektrode.....	234
4.5.4.	Zielstruktur und Anatomie der betroffenen Nerven	234
4.5.5.	Lokalisierung und Nadelpunktion zur Radiofrequenz-Therapie	235
4.5.5.1.	Sonographie-gesteuerte Punktion zur RF-Therapie	236
4.5.5.2.	Durchleuchtungsgezielte Punktion zur RF-Therapie	237
4.5.6.	Teststimulation zur korrekten Position der Elektroden (Kanülen).....	238
4.5.6.1.	Sensorische Stimulation	238
4.5.6.2.	Motorische Stimulation.....	238
4.5.7.	Impedanz-Messung	238
4.5.8.	Radiofrequenz-Thermoläsion.....	239
4.5.8.1.	Thermale RF	239
4.5.8.2.	Gepulste RF	239
4.5.9.	Nachversorgung	239
4.6.	Radiofrequenz-Ablation bei Degeneration von Facettengelenken	241
4.6.1.	Therapie der Facettengelenks-Degeneration.....	241
4.6.2.	Ergebnisse	243

	Die Bedeutung psychologischer Faktoren bei der Implementierung invasiver Systeme in der Schmerztherapie	245
5.1.	Einleitung	245
5.2.	Was wird von einem psychologischen Test erwartet?	245
5.2.1.	Definition.....	245
5.2.2.	Auswertung und Interpretation.....	246
5.3.	Testverfahren, die als Standard in der Einschluss-Ausschluss-Fragestellung herangezogen werden.....	247
5.3.1.	Schmerzempfindungsskala (SES) von Geissner	247
5.3.2.	Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS-D) – Deutsche Version	247
5.3.3.	Beck-Depressions-Inventar II (BDI II) – Deutsche Version	248
5.3.4.	Hamilton Depression Scale (HAMD) – Deutsche Version	248
5.4.	Zusammenfassung	249

	Abkürzungsverzeichnis	251
--	------------------------------	------------

	Index	253
--	--------------	------------