

König
Spetzger



Degenerative Erkrankungen der Halswirbelsäule

Therapeutisches
Management
im subaxialen
Abschnitt

 Springer

Degenerative Erkrankungen der Halswirbelsäule

Stefan Alexander König
Uwe Spetzger

Degenerative Erkrankungen der Halswirbelsäule

Therapeutisches Management im subaxialen Abschnitt

Mit 122 Abbildungen

 Springer

Dr. med. Stefan Alexander König
Klinikum Karlsruhe
Neurochirurgische Klinik
Karlsruhe
Deutschland

Prof. Dr. med. Uwe Spetzger
Klinikum Karlsruhe
Neurochirurgische Klinik
Karlsruhe
Deutschland

ISBN 978-3-662-43561-8
DOI 10.1007/978-3-662-43562-5

ISBN 978-3-662-43562-5 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

SpringerMedizin

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Planung: Dr. Fritz Kraemer, Heidelberg
Projektmanagement: Willi Bischoff, Heidelberg
Lektorat: Dr. Irène Leubner, Staines-upon-Thames, UK
Projektkoordination: Eva Schoeler, Heidelberg
Umschlaggestaltung: deblik Berlin
Fotonachweis Umschlag: © Dr. Alexander König, Karlsruhe
Porträtfoto Prof. Dr. Spetzger auf der Umschlagrückseite: Christian Ernst, Karlsruhe
Herstellung: Crest Premedia Solutions (P) Ltd., Pune, India

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Medizin ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer.com

Geleitwort

Das Buch von König und Spetzger ist ein modernes und praktisches Kompendium sowohl für den Erfahrenen als auch für Einsteiger in der chirurgischen Behandlung von Patienten mit degenerativer Halswirbelsäulenerkrankung. Die Kapitel über anatomische und physiologische Grundlagen sowie die Indikationsstellung richten sich eher an den noch in der Ausbildung stehenden Kollegen. Die Abschnitte über chirurgische Zugangswege, biomechanische Aspekte der Implantatwahl und der Operationstechnik sind für den Fortgeschrittenen von Interesse.

Wie bei einem guten Kochbuch sind die einzelnen operativen Teilschritte schrittweise und durch perfekte intraoperative Fotografien dargestellt. Es werden verschiedene mikrochirurgische Techniken gezeigt und wichtige praktische Tipps bei den unterschiedlichen verwendeten Implantaten gegeben. Die konsekutive und klare bildliche Darstellung der jeweiligen Operationen vermittelt dem Leser eine gut nachvollziehbare Operationsstrategie. Hieraus resultiert eine didaktisch wertvolle und sehr praxisorientierte Operationslehre.

Mittlerweile ist der Markt an Implantaten für die operative Versorgung der HWS kaum noch überschaubar und wächst stetig weiter. Aufgrund ihrer operativen Erfahrung, die in diesem Buch weitervermittelt wird, versuchen die beiden Autoren auch bei der Auswahl eines Implantates eine gewisse Hilfestellung zu leisten, insbesondere unter Berücksichtigung biomechanischer, strategischer und sicherheitstechnischer Aspekte.

Das Buch ist ein Must-have für jeden Wirbelsäulenchirurgen, der Patienten mit degenerativen Halswirbelsäulenerkrankungen behandelt.

Prof. Dr. Volker K. H. Sonntag, Phoenix, Arizona, Vereinigte Staaten von Amerika

Vorwort

Die hohe Praxisrelevanz sowie die gut verständliche und reich bebilderte Darstellung unseres Buches soll Ärzten und Therapeuten in der konservativen und vor allem operativen Behandlung degenerativer Erkrankungen der Halswirbelsäule eine Hilfe für die tägliche klinische Praxis sein.

Für Einsteiger sind insbesondere die Kapitel über Grundlagen und Indikationsstellung zur operativen Behandlung gedacht. Für Fortgeschrittene sind sicherlich die Abschnitte über unterschiedliche Zugangswege, Implantatauswahl und Operationstechniken am interessantesten.

Gerade die stetig wachsende Anzahl und die Vielfalt an Implantaten zum Bandscheiben- und Wirbelkörperersatz stellt den wirbelsäulenchirurgisch tätigen Arzt vor große Herausforderungen, da einerseits der medizinische Nutzen für den Patienten im Vordergrund steht, andererseits aber auch der Kostenaspekt und die Wirtschaftlichkeit berücksichtigt werden müssen. Wir möchten in diesem Buch eine Entscheidungshilfe für die Indikationsstellung und auch die Implantatwahl geben, auf der Basis aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse und eigener Erfahrungen. Dabei ist unser Ziel, dies möglichst praxisnah mit vielen Bildern, gleichzeitig systematisch und übersichtlich darzustellen.

Für die stetige und jederzeit prompte Beratung bedanken wir uns ausdrücklich bei Herrn Dr. Fritz Kraemer vom Springer-Verlag. Des Weiteren gilt unser Dank Frau Dr. Irène Leubner-Metzger für die detaillierte Überarbeitung unseres Manuskripts.

Besonders danken wir unseren Familien für ihr Verständnis und die ausdauernde Unterstützung bei der phasenweise sehr zeitaufwändigen Arbeit an unserem Buch.

Stefan Alexander König und Uwe Spetzger

Karlsruhe im Juni 2014

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Hintergrund	2
1.2	Geschichte der Diagnostik und Therapie des zervikalen Diskusprolaps	3
	Literatur	5
2	Anatomische Aspekte	7
2.1	Dimensionen	8
2.2	Wirbelkörper, Bandscheibe und Hakenfortsatz	8
2.3	Wirbelbögen und Facettengelenke	9
2.4	Halsmuskulatur	10
2.5	Topographische Anatomie	13
	Literatur	17
3	Biomechanische Aspekte	19
3.1	Beweglichkeit der Halswirbelsäule	20
3.2	Das Bewegungssegment und seine Funktion	20
3.3	Übernahme von Lasten durch die Wirbelsäule	21
3.4	Instabilität	22
3.5	Biomechanische Untersuchungsmethoden	23
	Literatur	24
4	Präoperative Diagnostik und Indikationsstellung	25
4.1	Anamnese und klinische Untersuchung	26
4.2	Bildgebung	29
4.3	Elektrophysiologie	37
	Literatur	38
5	Konservative Therapie	39
5.1	Allgemeines	40
5.2	Schmerztherapie	40
5.3	Physiotherapie	42
5.4	Psychotherapie	45
	Literatur	46
6	Auswahl des operativen Zugangsweges	47
6.1	Anteriorer Zugang	48
6.2	Posteriorer Zugang	49
6.3	Kombinierter Zugang	50
	Literatur	52
7	Auswahl des Implantats	53
7.1	Diskusersatz	54
7.2	Wirbelkörperersatz und ventrale Plattenosteosynthese	69
7.3	Dorsale Spondylodese	77
7.4	Open-Door-Laminoplastie	80
	Literatur	81

8	Operationstechnik	85
8.1	Diskektomie und Diskusersatz	86
8.2	Korpektomie und ventrale Plattenosteosynthese	98
8.3	Laminektomie und dorsale Fusion	104
8.4	Open-Door-Laminoplastie, Laminotomie, Foraminotomie und Modifikationen	106
8.5	Kombinierter Zugang	111
	Literatur	117
9	Beratung und Aufklärung des Patienten	119
9.1	Outcome und Risiken des Eingriffs	120
	Literatur	122
10	Implantatsicherheit und Komplikationsmanagement	125
10.1	Implantatdislokation	126
10.2	Implantatbruch	126
10.3	Implantatsinterung und heterotope Ossifikation	128
10.4	Implantatsicherheit	130
10.5	Produktivhaft	131
10.6	Duraleck und Liquorrhoe	131
10.7	Vaskuläre Komplikationen	131
10.8	Verletzung von Ösophagus und Trachea	134
	Literatur	134
11	Zukunft der zervikalen Wirbelsäulen Chirurgie	135
11.1	Individualisierte Implantate	136
11.2	Benefit von Diskusprothesen	137
11.3	Autologe Chondrozytentransplantation als Bandscheibenersatz	137
11.4	Augmentierte Schrauben bei Osteosynthesen	137
	Literatur	139
	Stichwortverzeichnis	141

Einleitung

- 1.1 Hintergrund – 2
- 1.2 Geschichte der Diagnostik und Therapie des zervikalen Diskusprolaps – 3
- Literatur – 5

Der aktuelle Trend in der zervikalen Wirbelsäulen Chirurgie ist geprägt von der stetigen Optimierung von intervertebralen Cages und Bandscheibenprothesen. Letztere sind in den 1990er Jahren basierend auf den Erfahrungen mit lumbalen Prothesen entwickelt worden. Lag der Focus zunächst auf verschiedenen Designs mit Grund- und Deckplatten aus Metall (i. d. R. Titan) und einem dazwischenliegenden Kunststoffkern, vollzieht sich aktuell eine Entwicklung hin zu Monoblockprothesen aus elastischen Kunststoffen. Inwieweit hierbei eine Annäherung an physiologische Bedingungen in Form und Funktion sowie eine sichere Verankerung im Knochen gelingt, ist derzeit noch offen.

1.1 Hintergrund

In den letzten Jahren hat die Anzahl operativer Eingriffe bei degenerativer Erkrankung der Halswirbelsäule stetig zugenommen. Dies wird sowohl auf die gestiegene Lebenserwartung der Bevölkerung als auch auf die verbesserten diagnostischen und operativen Optionen zurückgeführt.

Darüber hinaus hat die Zahl der verfügbaren Implantate zur Interposition in den Zwischenwirbelraum nach Entfernung eines erkrankten zervikalen Diskus exponentiell zugenommen. Dies bezieht sich sowohl auf dynamische Implantate (Bandscheibenprothesen) als auch auf nichtdynamische Implantate (i. d. R. sog. Cages). Aufgrund der teilweise recht kurzen Zeitspanne seit Markteinführung ist eine Reihe von Implantaten nur anhand kleiner Populationen bzw. kurzer Nachuntersuchungsperioden evaluiert. Des Weiteren gibt es derzeit noch relativ wenige Publikationen mit klinischem und radiologischem Vergleich von Fällen mit Fusion versus Bandscheibenprothese. Bezüglich der Wahl eines bestimmten Implantats werden von den Operateuren jeweils recht unterschiedliche Auswahlalgorithmen angewendet. Das heißt, der Entscheidungsprozess ist sehr abhängig vom einzelnen Operateur, obwohl generell grundsätzliche Faktoren wie Lebensalter des Patienten, Beweglichkeit des betroffenen Bewegungssegments, Beweglichkeit der Nachbarsegmente, Anzahl der betroffenen Segmente etc. Berücksichtigung finden.

Ähnliches gilt für den Wirbelkörperersatz an der Halswirbelsäule bei lang gestreckten, konfluenten Spinalkanalstenosen. Hier ist die Interposition von Beckenkammknochen der Goldstandard, darüber hinaus sind Implantate aus Polyetheretherketon (PEEK) und Titan erhältlich. Die Verwendung eines bestimmten Materials unterscheidet sich analog zum Diskusersatz von Klinik zu Klinik.

Des Weiteren bevorzugen verschiedene Wirbelsäulen Chirurgen unterschiedliche Zugänge und Instrumentierungen an der Halswirbelsäule (anterior, posterior, kombiniert) bei vorhandener oder zu erwartender segmentaler Instabilität.

Ziel des vorliegenden Buches ist es, die Strategie der Auswahl des operativen Zugangsweges und des Implantats zum Diskus- bzw. Wir-

belkörperersatz basierend auf der Erfahrung der Autoren sowie auf neueren biomechanischen und klinischen Studien zu erläutern.

1.2 Geschichte der Diagnostik und Therapie des zervikalen Diskusprolaps

Der ätiologische Zusammenhang zwischen Diskusdegeneration und Spondylosis deformans wurde erstmalig von Wenzel (1824) beschrieben. Eine zervikale Spondylose wurde von Braun (1875) als Ursache radikulärer Symptome identifiziert. Anfang des 20. Jahrhunderts wurde der Diskusprolaps als eine mögliche Ursache von Paraparesen, also von myelopathischen Symptomen, erkannt (Hawk 1936). Küttner war wohl Ende der 1920er Jahre der erste Operateur, der einen zervikalen Diskusprolaps entfernte, welcher eine Nervenwurzelkompression verursachte (Frykholm 1969). In den 1930er und 1940er Jahren wurde dann in zahlreichen Publikationen über die klinische Bedeutung diskogener Nervenwurzel- und Rückenmarkskompression berichtet. Zu jener Zeit wurden die Bandscheibenvorfälle über eine Laminektomie oder Hemilaminektomie exstirpiert. Da hierdurch keine ausreichende Dekompression der Radix im Foramen intervertebrale erreicht wurde, entwickelten sowohl Scoville (1946) als auch Frykholm (1947) Methoden zur intraforaminalen Dekompression der Nervenwurzel mittels Kugelfräse. Trotz verschiedener Modifikationen der dorsalen Operationsmethoden war eine suffiziente Behandlung medialer Retrospondylophyten oder Bandscheibenvorfälle nicht in befriedigender Weise zu erreichen. Daher etablierte Cloward (1958) eine alternative Methode über einen ventralen Zugang. Nach Bandscheibenexstirpation von ventral erfolgt dabei eine interkorporelle Spondylothese mit einem zylindrischen Beckenkammspan. Robinson u. Smith (1958) stellten eine ähnliche Methode vor, die allerdings ein rechteckiges autologes Knochentransplantat verwendet. Um lokale Spankomplifikationen zu vermeiden, wurde in den 1980er Jahren die zusätzliche ventrale Plattenosteosynthese etabliert (Caspar 1989).

Wegen der Morbidität an der Entnahmestelle des Beckenkammspanns wurde von Grote (1967) Polymethylmethacrylat (PMMA) als Alternative zum Knochentransplantat vorgestellt. PMMA findet auch heute noch an einer Reihe von Kliniken seine Anwendung, allerdings werden von Kritikern des Verfahrens eine höhere Pseudarthrose und Probleme durch die Hitzeentwicklung bei der Polymerisation angeführt. Aus diesem Grund wurden intervertebrale Cages als Platzhalter entwickelt, welche sich als Standardmethode weltweit etabliert haben. In der Regel haben diese Cages eine zentrale Öffnung, die eine knöcherne Durchbauung bzw. das Auffüllen mit osteoinduktivem Material ermöglicht. Die Idee für die Verwendung von intervertebralen Cages stammt aus der Veterinärmedizin (DeBowes 1984; Bagby 1988), da sich hier eine Indikation zur zervikalen Fusion beim equinen Wobbler-Syndrom ergab. Hierbei handelt es sich um ein

veterinärmedizinisches Krankheitsbild mit Gangataxie aufgrund einer spondylosebedingten Myelopathie.

Ab den 1990er Jahren fanden dann Cages zunehmend breite Anwendung bei der zervikalen Fusion. Als Materialien werden Titan, Carbon oder Polyetheretherketon (PEEK) eingesetzt. Bei Titan-Cages kann durch entsprechende Herstellung eine Oberflächenvergrößerung erreicht werden, die zu einer besseren Osseointegration führt. Allerdings scheinen sie gegenüber PEEK-Cages sowohl im Beibehalten der intervertebralen Höhe und des Lordosewinkels als auch im klinischen Outcome schlechter abzuschneiden (Chen 2013). Der Hauptnachteil von Titan-Cages sind jedoch die massiven Artefakte bei der MR-Bildgebung. Die relativ uneingeschränkte MR-Beurteilung ist einer der entscheidenden Vorteile des PEEK-Cages.

Durch die Weiterentwicklung der operativen Behandlung des zervikalen Diskusprolaps, mit einer schonenden, in der Regel mikrochirurgischen Dekompression der Nervenwurzel und/oder des Rückenmarkes, wird in den allermeisten Fällen eine sehr gute Schmerzlinderung und neurologische Erholung erreicht. Nachdem die operativen Ergebnisse sich dadurch ständig verbesserten, geriet zunehmend der Bewegungserhalt an der Halswirbelsäule in den Fokus der Forschung und Entwicklung. Eines der zentralen Argumente für den Bewegungserhalt in einem dekomprimierten Segment ist, eine überdurchschnittliche Degeneration in den Nachbarsegmenten zu vermeiden. Dies wird durch den Erhalt eines möglichst physiologischen Bewegungsablaufs angestrebt (Le 2004).

Anfang der 1980er Jahre begann die Entwicklung der Bandscheibenprothesen, zunächst für den Einsatz an der Lendenwirbelsäule. Die größte Verbreitung fand die lumbale SB-Charité-Prothese (Büttner-Jan 1989), die auch im Jahr 2004 als Erste eine Zulassung der amerikanischen FDA (Food and Drug Administration) erhielt.

Neben der stetigen Weiterentwicklung der Implantate verringerte sich die Invasivität und Morbidität der zervikalen Bandscheibenoperation durch die Einführung des Operationsmikroskops in den 1980er Jahren.

Mit dem zunehmenden Behandlungserfolg durch lumbale Prothesen begann man in den 1990er Jahren mit der Entwicklung von zervikalen Implantaten. Frühe Modelle, wie das Cummins-Bristol-Artificial Cervical Joint oder die Frenchay Cervical Disc (später als Prestige bezeichnet), besaßen ein Metall-auf-Metall-Design und wurden noch mittels Schrauben in den Wirbelkörpern fixiert. Es konnte zwar ein Bewegungserhalt erzielt werden, allerdings wurde eine Reihe von Schraubendislokationen und -brüchen beobachtet (Le et al. 2004). Ende der 1990er Jahre wurde die Bryan Disc vorgestellt, die erstmals ein Metall-auf-Kunststoff-Design besaß, bei welchem sich zwischen zwei Titan-Komponenten ein Polyurethan-Kern befand. Für die Bryan Disc wurden in prospektiven Studien gute klinische Ergebnisse und ein adäquater Bewegungserhalt dokumentiert (Bryan 2002). Allerdings war für die Implantation der Bryan Disc ein

sehr aufwändiges Instrumentarium erforderlich und der durch das Anpassen des Bandscheibenfaches mittels Fräse entstandene Knochenabrieb begünstigte eine heterotope Ossifikation.

Nach dem Erfolg der lumbalen Prothese ProDisc-L folgte die Entwicklung der zervikalen ProDisc-C. Diese besteht aus zwei Metall-Polyethylen-Komponenten, die zusammen ein Ball-in-socket-Design bilden. Kritiker dieses Designs verweisen darauf, dass dieses nicht der physiologischen Bewegung der HWS mit ihrem veränderlichen Center of Rotation (Rotationszentrum) entspricht, welches sich insbesondere bei Flexion/Extension und Seitwärtsneigung in Form einer Translationsbewegung verlagert. Diesem Bewegungsmuster sollen neuere Designs mit locker gegeneinander verschiebbaren Komponenten (MobiC-Prothese) oder Kunststoffnachbildungen von Nucleus und Anulus (M6C-Prothese) gerecht werden. Des Weiteren ergab sich bei der ProDisc-C-Prothese ein potentiell erhöhtes Operationsrisiko, da für die Kiele an Grund- und Deckplatte entsprechende Rinnen in die Wirbelkörper eingeschlagen werden mussten.

Die neueste Generation von zervikalen Diskusprothesen sind Monoblockimplantate, wie z. B. Cadisc-C oder Freedom Cervical Disc. Allerdings fehlen für diese Prothesen prospektive multizentrische Evaluierungen mit größeren Patientenzahlen. Ein wichtiger Aspekt beim Langzeitverlauf dieser recht teuren Prothesen wird die Rate von Patienten mit heterotoper Ossifikation bzw. knöcherner Überbauung und damit einhergehendem Funktionsverlust sein. Wenn letztlich Langzeitergebnisse für die verschiedenen Prothesendesigns vorliegen, wird sich sehr wahrscheinlich die gegenwärtige Fülle von Implantaten deutlich reduzieren.

Literatur

- Bagby GW (1988) Arthrodesis by the distraction-compression method using a stainless steel implant. *Orthopedics* 11(6):931–934
- Braun J (1875) Klinische und anatomische Beiträge zur Kenntnis der Spondylitis deformans als einer der häufigsten Ursachen mannigfacher Neurosen, namentlich der Spinalirritation. Carl Rümpler, Hannover
- Bryan VE Jr (2002) Cervical motion segment replacement. *Eur Spine J Suppl* 2:S92–97
- Büttner-Janz K, Schellnack K, Zippel H (1989) Biomechanics of the SB Charité lumbar intervertebral disc endoprosthesis. *Int Orthop* 13(3):173–176
- Caspar W, Barbier DD, Klara PM (1989) Anterior cervical fusion and Caspar plate stabilisation for cervical trauma. *Neurosurgery* 25:491–502
- Chen Y, Wang X, Lu X et al. (2013) Comparison of titanium and polyetheretherketone (PEEK) cages in the surgical treatment of multilevel cervical spondylotic myelopathy: a prospective, randomized, control study with over 7-year follow-up. *Eur Spine J* 22(7):1539–46
- Cloward RB (1958) The anterior approach for removal of ruptured cervical disks. *J Neurosurg* 15(6):602–617
- DeBowes RM, Grant BD, Bagby GW et al. (1984) Cervical vertebral interbody fusion in the horse: a comparative study of bovine xenografts and autografts supported by stainless steel baskets. *Am J Vet Res* 45(1):191–199

- Frykholm R (1947) Deformities of dural pouches and strictures of dural sheaths in the cervical region producing nerve-root compression. A contribution to the etiology and operative treatment of brachial neuralgia. *J Neurosurg* 4:403–413
- Frykholm R (1969) Die cervicalen Bandscheibenschäden. In: Olivecrona H, Tönnis W (Hrsg.) *Handbuch der Neurochirurgie*. Siebenter Band/Erster Teil. Springer, Berlin York
- Grote W, Röttgen P (1967) Die ventrale Fusion bei der zervikalen Osteochondrose und ihre Behandlungsergebnisse. *Acta Neurochir* 16:218–240
- Hawk WA (1936) Spinal compression caused by echochondrosis of the intravertebral fibrocartilage: with a review of the recent literature. *Brain* 59:202–224
- Le H, Thongtrangan I, Kim DH (2004) Historical review of cervical arthroplasty. *Neurosurg Focus* 17(3):E1
- Robinson RA, Smith GW (1958) The treatment of certain cervical spine disorders by anterior removal of the intervertebral disc and interbody fusion. *J Bone Joint Surg Am* 40-A(3):607–624
- Scoville WB (1946) Contribution to discussion about ruptured cervical discs. *Arch Neurol Psychiat* 56:722–723
- Wenzel C (1824) *Über die Krankheiten am Rückgrathe*. W. L. Wesche, Bamberg

Anatomische Aspekte

2.1 Dimensionen – 8

2.2 Wirbelkörper, Bandscheibe und Hakenfortsatz – 8

2.3 Wirbelbögen und Facettengelenke – 9

2.4 Halsmuskulatur – 10

2.4.1 Ventral – 10

2.4.2 Dorsal – 12

2.5 Topographische Anatomie – 13

2.5.1 Anteriorer Zugang – 13

2.5.2 Posteriorer Zugang – 15

Literatur – 17