



Bernhard Zwißler · Rolf Rossaint
Christian Werner · Kristin Engelhard *Hrsg.*

Chirurgie für Anästhesisten

Operationsverfahren kennen -
Anästhesie optimieren

Chirurgie für Anästhesisten

Bernhard Zwißler
Rolf Rossaint
Christian Werner
Kristin Engelhard
Hrsg.

Chirurgie für Anästhesisten

Operationsverfahren kennen - Anästhesie optimieren

Hrsg.

Prof. Dr. Bernhard Zwißler
Klinik für Anästhesiologie
Klinikum der Ludwig-Maximilians-
Universität München
München, Deutschland

Prof. Dr. Christian Werner
Klinik für Anästhesiologie
Universitätsmedizin Mainz
Mainz, Deutschland

Prof. Dr. Rolf Rossaint
Klinik für Anästhesiologie
RWTH Aachen Klinikum Medizinische Einrichtungen
Aachen, Deutschland

Prof. Dr. Kristin Engelhard
Klinik für Anästhesiologie
Universitätsmedizin Mainz
Mainz, Deutschland

ISBN 978-3-662-53337-6 ISBN 978-3-662-53338-3 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-53338-3>

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

Springer

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2021

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Fotonachweis Umschlag: (c) Peter Pulkowski, Mainz

Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Illustrationen: Angelika Kramer, Stuttgart

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature. Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort

Mancher Leser wird sich beim ersten Anblick des Buches gedacht haben: Noch ein Lehrbuch der Anästhesiologie – brauchen wir das wirklich in Anbetracht zahlreicher Monographien zum Thema? Die Frage erscheint zunächst berechtigt. Gleichzeitig ist sie jedoch in vorliegendem Fall eindeutig mit „ja“ zu beantworten!

Das vorliegende Werk *„Chirurgie für Anästhesisten – Operationsverfahren kennen – Anästhesie optimieren“* ist eben kein klassisches, „nur“ von Anästhesiologen geschriebenes Lehrbuch der Anästhesiologie. Es verfolgt vielmehr einen in diesem Zusammenhang innovativen, interdisziplinären Ansatz.

Ausgangspunkt der Betrachtungen in jedem einzelnen Kapitel ist immer der operative Eingriff. Für alle relevanten operativen Fachdisziplinen beschreibt zunächst der Chirurg das konkrete operative Vorgehen, dessen besondere Herausforderungen, mögliche kritische Phasen des Eingriffs und informiert zudem über andere, aus chirurgischer Sicht bedeutsame Aspekte, wie z. B. den beim jeweiligen Eingriff zu erwartenden Blutverlust.

Erst danach stellt der Anästhesiologe den Eingriff in den Kontext unseres Fachgebiets, in dem er systematisch auf die spezifischen Implikationen der durchgeführten Chirurgie eingeht. Dies umfasst die präoperative Evaluation und Risikoeinschätzung der Patienten, notwendige Voruntersuchungen, Besonderheiten der Aufklärung, die Wahl des Anästhesieverfahrens bis hin zur postoperativen Betreuung und Schmerztherapie. Ein spezielles Augenmerk wird dabei auf diejenigen Phasen der Operation gelegt, die zu kennen und zu antizipieren für die Durchführung einer sicheren Anästhesie von besonderer Bedeutung sind, z. B. eine aus operativen Gründen notwendige passagere Okklusion der V. cava o. ä.

Eine vergleichbare eingriffsbezogene und vernetzte Darstellung von Operation *und* Anästhesie in einem Lehrbuch ist unseres Wissens im deutsch-

sprachigen Raum bislang nicht verfügbar. Das Buch schließt insofern eine wichtige Lücke und komplettiert das Wissen eines jeden praktisch tätigen Anästhesiologen über das Studium der klassischen Anästhesieliteratur hinaus.

Die Neuartigkeit des Ansatzes erforderte von allen Beteiligten Kreativität, Flexibilität und den Willen zur engen interdisziplinären Zusammenarbeit. Die Herausgeber sind insofern vor allem den Autoren dieses Buches, Chirurgen ebenso wie Anästhesiologen, für ihren engagierten Einsatz zu großem Dank verpflichtet, insbesondere auch dafür, dass sie sich mit großem Engagement auf die Mitarbeit an diesem neuen Format eingelassen haben.

Unser besonderer Dank gilt allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Springer-Verlags, ohne deren außerordentliche, nie nachlassende Bemühungen dieses Buch nicht hätte realisiert werden können. Namentlich seien hier Frau Ulrike Hartmann für die Initiative zu diesem Projekt, Frau Dr. Anna Krätz für die exzellente federführende Projektleitung und ihre nie nachlassende Ermutigung und Stimulation, sowie Frau Sirka Nitschmann für das allzeit professionelle Lektorat gedankt.

Allen Leserinnen und Lesern wünschen wir nun viel Spaß und vor allem einen relevanten Gewinn an Wissen bei der Lektüre des Lehrbuchs *„Chirurgie für Anästhesisten“*.

Bernhard Zwißler
München, Deutschland

Rolf Rossaint
Aachen, Deutschland

Christian Werner
Mainz, Deutschland

Kristin Engelhard
Mainz, Deutschland
Juli 2020

Inhaltsverzeichnis

I Neurochirurgie

1	Hirntumorchirurgie	3
	<i>Kristin Engelhard und Joachim Oertel</i>	
2	Zerebrales Aneurysma	13
	<i>Irene Tzanova, Wibke Müller-Forell und Joachim Oertel</i>	
3	Transspheoidale Hypophysenchirurgie	25
	<i>Kristin Engelhard und Joachim Oertel</i>	
4	Hydrozephaluschirurgie	33
	<i>Wolfgang Wagner, Jens Kling und Irene Tzanova</i>	
5	Kraniosynostosen	43
	<i>Wolfgang Wagner, Irene Tzanova und Michael Windirsch</i>	
6	Spina bifida	49
	<i>Hans Christoph Ludwig, Hans Christoph Bock, Awad Alaid, Irene Tzanova und Michael Windirsch</i>	
7	Schädel-Hirn-Trauma	59
	<i>Joachim Oertel und Irene Tzanova</i>	
8	Spinalkanalstenosen und Nukleotomien	71
	<i>Joachim Oertel und Irene Tzanova</i>	

II Augenheilkunde

9	Schielopoperationen	83
	<i>Kathi Hartmann und Steffen Rex</i>	
10	Lid- und Tränenwegschirurgie	89
	<i>Martin Hermel und Steffen Rex</i>	
11	Eingriffe am vorderen Augenabschnitt	97
	<i>Peter Walter und Steffen Rex</i>	
12	Eingriffe am hinteren Augenabschnitt	105
	<i>Peter Walter und Steffen Rex</i>	
13	Penetrierende Augenverletzungen	117
	<i>Peter Walter und Steffen Rex</i>	

III HNO

14	Larynx und Trachea	125
	<i>Martin Westhofen und Hans-Bernd Simon</i>	
15	Pharynx	137
	<i>Martin Westhofen und Hans-Bernd Simon</i>	

16	Panendoskopie	143
	<i>Martin Westhofen und Hans-Bernd Simon</i>	
17	Notfalleingriffe in der HNO	147
	<i>Martin Westhofen und Hans-Bernd Simon</i>	
18	Nase und Rhinobasis	153
	<i>Martin Westhofen und Hans-Bernd Simon</i>	
19	Hals, Kopf und Kopfspeicheldrüsen	161
	<i>Martin Westhofen und Hans-Bernd Simon</i>	
20	Ohr und Otobasis	171
	<i>Martin Westhofen und Hans-Bernd Simon</i>	
21	Laserchirurgie	183
	<i>Martin Westhofen und Hans-Bernd Simon</i>	
IV	Kardiochirurgie	
22	Koronare Bypasschirurgie	189
	<i>Ralf Sodian, Sandra Eifert, Christian Kowalski und Matthias Feurerecker</i>	
23	Aortenklappenchirurgie	201
	<i>Christoph Schmitz, Christian Kowalski und Matthias Feurerecker</i>	
24	Mitralklappenchirurgie	211
	<i>Calin Nicol, Christian Kowalski und Matthias Feurerecker</i>	
25	Rhythmuschirurgie	223
	<i>Gerd Juchem, Christian Kowalski und Matthias Feurerecker</i>	
26	Erkrankung der thorakalen Aorta	231
	<i>Peter Überfuhr, Christian Kowalski und Matthias Feurerecker</i>	
V	Gefäßchirurgie	
27	Chirurgie der A. carotis	243
	<i>Johannes Hoffmann, Markus Rehm und Tobias Pfaffendorf</i>	
28	Rekonstruktive peripherarterielle Gefäßchirurgie	255
	<i>Johannes Hoffmann, Markus Rehm und Tobias Pfaffendorf</i>	
29	Akute Ischämie (akuter arterieller Verschluss)	265
	<i>Johannes Hoffmann, Markus Rehm und Tobias Pfaffendorf</i>	
30	Elektives abdominelles Aortenaneurysma	271
	<i>Johannes Hoffmann, Markus Rehm und Tobias Pfaffendorf</i>	
31	Elektives thorakales und thorakoabdominelles Aortenaneurysma	283
	<i>Johannes Hoffmann, Markus Rehm und Tobias Pfaffendorf</i>	

32	Disseziertes und rupturiertes Aortenaneurysma	293
	<i>Johannes Hoffmann, Markus Rehm und Tobias Pfaffendorf</i>	
33	Venöse Gefäßeingriffe	299
	<i>Johannes Hoffmann, Markus Rehm und Tobias Pfaffendorf</i>	
VI Thoraxchirurgie		
34	Lobektomie und Pneumonektomie	309
	<i>Hauke Winter, Rudolf Hatz, Stephan Czerner und Markus Rehm</i>	
35	Mediastinoskopie	323
	<i>Hauke Winter, Rudolf Hatz, Stephan Czerner und Markus Rehm</i>	
36	Bronchoskopie	327
	<i>Hauke Winter, Rudolf Hatz, Stephan Czerner und Markus Rehm</i>	
37	Lungenvolumenreduktion	337
	<i>Rudolf Hatz, Stephan Czerner und Markus Rehm</i>	
VII Viszeralchirurgie		
38	Leisten- und Narbenhernie	345
	<i>Jens Otto und Anna Bettina Röhl</i>	
39	Eingriffe am Ösophagus	355
	<i>Anne Andert und Anna Bettina Röhl</i>	
40	Eingriffe am Magen	363
	<i>Anne Andert und Anna Bettina Röhl</i>	
41	Eingriffe an der Leber	369
	<i>Maximilian Schmeding und Marc Hein</i>	
42	Eingriffe an den Gallenwegen	381
	<i>Anjali A. Röth, Ulf Peter Neumann und Anna Bettina Röhl</i>	
43	Eingriffe am Pankreas	387
	<i>Anjali A. Röth, Ulf Peter Neumann und Anna Bettina Röhl</i>	
44	Eingriffe an der Milz	395
	<i>Karsten Junge und Anna Bettina Röhl</i>	
45	Dünn- und Dickdarmchirurgie	405
	<i>Raphael Rosch und Anna Bettina Röhl</i>	
46	Akutes Abdomen	415
	<i>Raphael Rosch und Anna Bettina Röhl</i>	
47	Gastrointestinale Blutung	421
	<i>Raphael Rosch und Anna Bettina Röhl</i>	

VIII Urologie

48	Eingriffe an der Prostata	429
	<i>David Pfister, Axel Heidenreich, Peter Michael Thamm, Daniel Porres und Michael Czaplík</i>	
49	Eingriffe an der Niere	439
	<i>Axel Heidenreich, David Pfister und Christian Brülls</i>	
50	Eingriffe an der Blase	449
	<i>Axel Heidenreich, David Pfister und Peter Michael Thamm</i>	
51	Retroperitoneale Lymphadenektomie	461
	<i>Axel Heidenreich, David Pfister und Michael Czaplík</i>	
52	Nieren- und Harnleitersteinexstirpation	467
	<i>David Pfister, Johannes Salem und Michael Czaplík</i>	
53	Eingriffe am Skrotum	473
	<i>David Pfister, Axel Heidenreich und Peter Michael Thamm</i>	

IX Gynäkologie

54	Abrasio	479
	<i>Christine Skala, Heinz Kölbl, Björn Wahn und Rüdiger Noppens</i>	
55	Konisation	483
	<i>Christine Skala, Heinz Kölbl, Björn Wahn und Rüdiger Noppens</i>	
56	Hysteroskopie	487
	<i>Christine Skala, Heinz Kölbl, Björn Wahn und Rüdiger Noppens</i>	
57	Operationen an den Adnexen	491
	<i>Christine Skala, Heinz Kölbl, Björn Wahn und Rüdiger Noppens</i>	
58	Hysterektomie	499
	<i>Christine Skala, Heinz Kölbl, Björn Wahn und Rüdiger Noppens</i>	
59	Radikale Hysterektomie	507
	<i>Christine Skala, Heinz Kölbl, Björn Wahn und Rüdiger Noppens</i>	
60	Mammaoperationen	513
	<i>Christine Skala, Heinz Kölbl, Björn Wahn und Rüdiger Noppens</i>	
61	Plastische und rekonstruktive Mammachirurgie	519
	<i>Christine Skala, Heinz Kölbl, Björn Wahn und Rüdiger Noppens</i>	
62	Reproduktionsmedizin	527
	<i>Christine Skala, Heinz Kölbl, Björn Wahn und Rüdiger Noppens</i>	
63	Sterilisation	533
	<i>Christine Skala, Heinz Kölbl, Björn Wahn und Rüdiger Noppens</i>	

X Geburtshilfe

- 64 **Vaginale Geburt** 539
Christine Skala, Heinz Kölbl, Björn Wahn und Rüdiger Noppens
- 65 **Vaginal-operative Entbindung** 545
Christine Skala, Heinz Kölbl, Björn Wahn und Rüdiger Noppens
- 66 **Sectio caesarea** 549
Christine Skala, Heinz Kölbl, Björn Wahn und Rüdiger Noppens
- 67 **Postpartale Eingriffe** 555
Christine Skala, Heinz Kölbl, Björn Wahn und Rüdiger Noppens

XI Endokrine Organe

- 68 **Adrenalektomie** 561
Thomas J. Musholt, Dorothea Closhen und Gunther Pestel
- 69 **Neuroendokrine Neoplasien des gastroenteropankreatischen Systems (GEP-NEN)** 569
Thomas J. Musholt, Dorothea Closhen und Gunther Pestel
- 70 **Thyreoidektomie** 575
Thomas J. Musholt, Dorothea Closhen und Gunther Pestel
- 71 **Parathyreoidektomie** 583
Thomas J. Musholt, Dorothea Closhen und Gunther Pestel

XII Unfallchirurgie und Orthopädie

- 72 **Eingriffe an Schulter und Oberarm** 591
Sven-Oliver Dietz, Benno Wolcke und Pol Maria Rommens
- 73 **Eingriffe am Ellbogen** 607
Klaus J. Burkhart, Pol Maria Rommens, Benno Wolcke und Lars P. Müller
- 74 **Eingriffe an Unterarm und Hand** 617
Daniela Klitscher, Benno Wolcke und Pol Maria Rommens
- 75 **Beckenringverletzungen** 627
Pol Maria Rommens, Alexander Hofmann und Benno Wolcke
- 76 **Azetabulumverletzungen** 639
Pol Maria Rommens, Alexander Hofmann und Benno Wolcke
- 77 **Eingriffe an Hüfte und Oberschenkel** 649
Raphael Küchle, Benno Wolcke und Pol Maria Rommens
- 78 **Operationen am Knie** 659
Stephan Müller-Haberstock, Benno Wolcke und Pol Maria Rommens

79	Eingriffe am Unterschenkel und Fuß	675
	<i>Matthias Hansen, Benno Wolcke und Pol Maria Rommens</i>	
80	Eingriffe an der Wirbelsäule	685
	<i>Erol Gercek, Benno Wolcke und Pol Maria Rommens</i>	
81	Amputationen	697
	<i>Klaus Edgar Roth, Benno Wolcke und Pol Maria Rommens</i>	

XIII Kinderchirurgie

82	Ösophagusatresie	709
	<i>Hans-Jürgen Dieterich und Hans-Georg Dietz</i>	
83	Ductusligatur	717
	<i>Hans-Jürgen Dieterich und Hans-Georg Dietz</i>	
84	Pylorusstenose	723
	<i>Hans-Jürgen Dieterich und Hans-Georg Dietz</i>	
85	Zirkumzision	729
	<i>Hans-Jürgen Dieterich und Hans-Georg Dietz</i>	
86	Hodenhochstand	735
	<i>Hans-Jürgen Dieterich und Hans-Georg Dietz</i>	
87	Nekrotisierende Enterokolitis	741
	<i>Hans-Jürgen Dieterich und Hans-Georg Dietz</i>	
	Serviceteil	
	Stichwortverzeichnis	751

Herausgeber- und Autorenverzeichnis

Über die Herausgeber



Professor Dr. Bernhard Zwißler

Direktor der Klinik für Anästhesiologie der Ludwig-Maximilians-Universität München

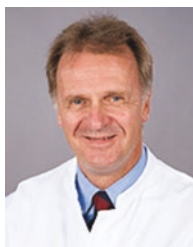
- Studium der Humanmedizin bis 1984 an der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München
- 1986–1997 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Klinik für Anästhesiologie der LMU München
- 1987–1990 Forschungsaufenthalt an der Abteilung für Experimentelle Chirurgie der Ruprecht-Karls Universität Heidelberg
- 1992 Habilitation
- 1997–2003 C3-Professur für Anästhesiologie an der Klinik für Anästhesiologie der LMU München
- 2003–2007 Direktor der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie an der Goethe Universität Frankfurt a. Main
- seit 2007 Mitglied des Hochschulrates der Goethe-Universität Frankfurt a. Main
- seit 2007 Direktor der Klinik für Anästhesiologie der LMU München
- seit 2005 Mitglied der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina



Professor Dr. Rolf Rossaint

Direktor der Klinik für Anästhesiologie der RWTH Aachen

- Studium der Humanmedizin bis 1983 an der Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf
- 1983–1988 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Zentrum für Anästhesiologie der Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf
- 1987 Anerkennung als Arzt für Anästhesiologie
- 1988–1997 Leitender Oberarzt an der Klinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin am Universitätsklinikum Rudolf Virchow der Freien Universität Berlin
- 1990 European Diploma on Intensive Care Medicine
- 1993 Habilitation
- 1993 „E.-K. Frey Preis“, u. a.
- seit 1997 Direktor der Klinik für Anästhesiologie an der RWTH Aachen
- seit 2010 Mitglied der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina



Professor Dr. Christian Werner

Direktor der Klinik für Anästhesiologie der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

- Studium der Humanmedizin bis 1986 an der Rheinischen-Friedrich-Wilhelms-Universität zu Bonn mit Promotion
- 1987–1993 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Klinik für Anästhesiologie am Universitäts-Krankenhaus Eppendorf Hamburg
- 1993 Anerkennung als Arzt für Anästhesiologie
- 1994 Habilitation
- 1996–2004 C3-Professur für Anästhesiologie an der Medizinischen Fakultät der Technischen Universität München
- 2003 Teaching Recognition Award der „European Academy of Anaesthesiology“, u. a.
- seit 2004 Direktor der Klinik für Anästhesiologie der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
- seit 2011 Mitglied der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina



Professor Dr. Kristin Engelhard

Stellvertretende Direktorin der Klinik für Anästhesiologie der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

- Studium der Humanmedizin bis 1994 an der Universität Regensburg und der Technischen Universität München mit Promotion
- 1995–2003 wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Klinik für Anästhesiologie der Technischen Universität München
- 2003 Anerkennung als Ärztin für Anästhesiologie
- 2004–2008 Oberärztin der Klinik für Anästhesiologie der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
- 2005 Habilitation
- 2008 Leitende Oberärztin der Klinik für Anästhesiologie der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
- 2009 Berufung auf eine W2-Professur für Anästhesiologie an der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
- Seit 2012 Stellvertretende Direktorin der Klinik für Anästhesiologie an der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz
- 2013–2014 President der Society of Neuroscience in Anesthesiology and Critical Care (SNACC)
- Seit 2013 Mitglied des Ethikkomitees der Universitätsmedizin Mainz

Autorenverzeichnis

Awad Alaid

Pädiatrische Neurochirurgie
Universitätsmedizin Göttingen
Göttingen, Deutschland

Dr. Anne Andert

Klinik für Allgemein-
Viszeral- und Transplantationschirurgie
RWTH Aachen
Aachen, Deutschland

Dr. Hans Christoph Bock

Pädiatrische Neurochirurgie
Universitätsmedizin Göttingen
Göttingen, Deutschland

PD Dr. Christian Brülls

Klinik für Anästhesiologie
RWTH Aachen
Aachen, Deutschland

PD Dr. Klaus J. Burkhart

Arcus Sportklinik
Pforzheim, Deutschland

PD Dr. Dr. Michael Czaplak

Klinik für Anästhesiologie
RWTH Aachen
Aachen, Deutschland

Dr. Dorothea Closhen

Klinik für Anästhesiologie
Universitätsmedizin Mainz
Mainz, Deutschland

Dr. Stephan Czerner

Klinik für Anästhesiologie
Maria-Theresia-Klinik
München, Deutschland

PD Dr. Hans-Jürgen Dieterich

Klinik für Anästhesiologie
Klinikum der LMU München
München, Deutschland

Prof. Dr. Hans-Georg Dietz

Kinderchirurgische Klinik
Klinikum der LMU München
München, Deutschland

PD Dr. Sven-Oliver Dietz

Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie
Universitätsmedizin Mainz
Mainz, Deutschland

Prof. Dr. Sandra Eifert

Universitätsklinik für Herzchirurgie
Herzzentrum Leipzig
Leipzig, Deutschland

Prof. Dr. Kristin Engelhard

Klinik für Anästhesiologie
Universitätsmedizin Mainz
Mainz, Deutschland

PD Dr. Matthias Feuerecker

Klinik für Anästhesiologie
Klinikum der LMU München
München, Deutschland

Prof. Dr. Erol Gercek

Orthopädie und Unfallchirurgie
Gemeinschaftsklinikum Mittelrhein
Koblenz, Deutschland

Prof. Dr. Matthias Hansen

Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
Hochtaunuskliniken
Bad Homburg, Deutschland

Dr. Kathi Hartmann

Klinik für Augenheilkunde
RWTH Aachen
Aachen, Deutschland

Prof. Dr. Rudolf Hatz

Abteilung für Thoraxchirurgie
Klinikum der LMU München
München, Deutschland

Prof. Dr. Dr. Axel Heidenreich

Klinik für Urologie
Universitätsklinikum Köln
Köln, Deutschland

Prof. Dr. Marc Hein

Klinik für Anästhesiologie
RWTH Aachen
Aachen, Deutschland

Prof. Dr. Martin Hermel

Klinik für Augenheilkunde
St.-Josefs-Hospital
Hagen, Deutschland

Prof. Dr. Johannes Hoffmann

Klinik für Gefäßchirurgie und Phlebologie
Contilia Herz- und Gefäßzentrum
Essen, Deutschland

Prof. Dr. Alexander Hofmann

Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie 1
Westpfalz-Klinikum GmbH
Kaiserslautern, Deutschland

PD Dr. Gerd Juchem

Herzchirurgische Klinik und Poliklinik
Klinik am Augustinum, LMU München
München, Deutschland

Prof. Dr. Karsten Junge

Klinik für Allgemein-
Viszeral- und Minimalinvasive Chirurgie
Rhein-Maas Klinikum GmbH
Betriebsteil Marienhöhe
Würselen, Deutschland

Dr. Jens Kling

Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin
Katholisches Klinikum Mainz
Mainz, Deutschland

PD Dr. Daniela Klitscher

Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie
Universitätsmedizin Mainz
Mainz, Deutschland

Prof. Dr. Heinz Kölbl

Universitätsklinik für Frauenheilkunde
Allgemeines Krankenhaus der Stadt Wien
Wien, Österreich

Dr. Christian Kowalski

Klinik für Anästhesiologie
Klinikum der LMU München
München, Deutschland

PD Dr. Raphael Küchle

Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie
Universitätsmedizin Mainz
Mainz, Deutschland

Prof. Dr. Hans Christoph Ludwig

Pädiatrische Neurochirurgie
Universitätsmedizin Göttingen
Göttingen, Deutschland

Prof. Dr. Wibke Müller-Forell

Institut für Neuroradiologie
Universitätsmedizin Mainz
Mainz, Deutschland

Prof. Dr. Stephan Müller-Haberstock

Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie
Universitätsmedizin Mainz
Mainz, Deutschland

Prof. Dr. Lars P. Müller

Klinik und Poliklinik für Orthopädie
und Unfallchirurgie
Universitätsklinikum Köln
Köln, Deutschland

Prof. Dr. Thomas J. Musholt

Klinik für Allgemein-, Viszeral-
und Transplantationschirurgie
Universitätsmedizin Mainz
Mainz, Deutschland

Prof. Dr. Ulf Peter Neumann

Klinik für Allgemein-, Viszeral-
und Transplantationschirurgie
RWTH Aachen
Aachen, Deutschland

Prof. Dr. Rüdiger Noppens

Department of Anesthesia & Perioperative Medicine,
Western University
London, ON, Canada

Prof. Dr. Joachim Oertel

Klinik für Neurochirurgie
Universitätsklinikum des Saarlandes
Homburg/Saar, Deutschland

PD Dr. Jens Otto

Klinik für Allgemein-, Viszeral-
und Minimalinvasive Chirurgie
Rhein-Maas-Klinikum
Würselen, Deutschland

PD Dr. Gunther Pestel

Klinik für Anästhesiologie
Universitätsmedizin Mainz
Mainz, Deutschland

Dr. Tobias Pfaffendorf

Stabstelle OP-Management
Sozialstiftung Bamberg
Bamberg, Deutschland

Prof. Dr. David Pfister

Klinik für Urologie
Universitätsklinikum Köln
Köln, Deutschland

PD Dr. Daniel Porres

Klinik für Urologie
Universitätsklinikum Köln
Köln, Deutschland

Prof. Dr. Markus Rehm

Klinik für Anästhesiologie
Klinikum der LMU-München
München, Deutschland

Prof. Dr. Steffen Rex

Dienst anaesthesiologie
UZ Leuven campus Gasthuisberg
Leuven, Niederlande

PD Dr. Dipl. Ing. Anna Bettina Röhl

Klinik für Anästhesiologie
RWTH Aachen
Aachen, Deutschland

Prof. Dr. Dr. Pol Maria Rommens

Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie
Universitätsmedizin Mainz
Mainz, Deutschland

PD Dr. Raphael Rosch

Klinik für Allgemein- und Viszeralchirurgie
Hermann-Josef-Krankenhaus
Erkelenz, Deutschland

Dr. Dipl.-Phys. Anjali A. Röth

Klinik für Allgemein-, Viszeral-
und Transplantationschirurgie
RWTH Aachen
Aachen, Deutschland

PD Dr. Klaus Edgar Roth

Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie
Universitätsmedizin Mainz
Mainz, Deutschland

Dr. Johannes Salem

Klinik für Urologie
Universitätsklinikum Köln
Köln, Deutschland

Prof. Dr. Maximilian Schmeding

Chirurgische Klinik
Klinikum Dortmund
Dortmund, Deutschland

Prof. Dr. Christoph Schmitz

Auto Tissue Berlin GmbH
Berlin, Deutschland

Dr. Hans-Bernd Simon

Klinik für Anästhesiologie
RWTH Aachen
Aachen, Deutschland

PD Dr. Christine Skala

Klinik für Geburtshilfe und Frauengesundheit
Universitätsmedizin Mainz
Mainz, Deutschland

Prof. Dr. Ralf Sodian

Klinik für Herz-
Thorax- und Gefäßchirurgie
MediClin Herzzentrum Lahr
Lahr, Deutschland

Prof. Dr. Fritz Spelsberg

Allgemein- und Viszeralchirurgie
Klinikum Fürstenfeldbruck
Fürstenfeldbruck, Deutschland

Dr. Dr. Peter Michael Thamm

Klinik für Anästhesiologie
RWTH Aachen
Aachen, Deutschland

Dr. Dr. Irene Tzanova

Klinik für Anästhesie und operative Intensivmedizin
Christophorus Kliniken GmbH
Coesfeld, Deutschland

Prof. Dr. Peter Überfuhr

Herzchirurgische Klinik und Poliklinik
Klinikum der LMU München
München, Deutschland

Prof. Dr. Calin Vicol

Herzchirurgische Klinik und Poliklinik
Klinikum der LMU München
München, Deutschland

Prof. Dr. Wolfgang Wagner

Pädiatrische Neurochirurgie
Universitätsmedizin Mainz
Mainz, Deutschland

Dr. Björn Wahn, MA

Klinik für Anästhesiologie
Universitätsmedizin Mainz
Mainz, Deutschland

Prof. Dr. Peter Walter

Klinik für Augenheilkunde
RWTH Aachen
Aachen, Deutschland

Prof. Dr. Martin Westhofen

Klinik für Hals-, Nasen-
Ohrenheilkunde
und Plastische Kopf- und Halschirurgie
RWTH Aachen
Aachen, Deutschland

Dr. Michael Windirsch

Klinik für Anästhesiologie
Universitätsmedizin Mainz
Mainz, Deutschland

Prof. Dr. Hauke Winter

Thoraxchirurgie
Thoraxklinik Heidelberg
Heidelberg, Deutschland

Dr. Benno Wolcke

Klinik für Anästhesiologie
Universitätsmedizin Mainz
Mainz, Deutschland

Neurochirurgie

Inhaltsverzeichnis

- Kapitel 1 Hirntumorchirurgie – 3
- Kapitel 2 Zerebrales Aneurysma – 13
- Kapitel 3 Transsphenoidale Hypophysenchirurgie – 25
- Kapitel 4 Hydrozephaluschirurgie – 33
- Kapitel 5 Kraniosynostosen – 43
- Kapitel 6 Spina bifida – 49
- Kapitel 7 Schädel-Hirn-Trauma – 59
- Kapitel 8 Spinalkanalstenosen und Nukleotomien – 71



Hirntumorchirurgie

Kristin Engelhard und Joachim Oertel

- 1.1 Erkrankung und Patientengut – 4**
 - 1.1.1 Ätiologie und Pathophysiologie – 4
 - 1.1.2 Epidemiologie – 4
 - 1.1.3 Klinisches Bild – 4

- 1.2 Operation und operative Besonderheiten – 5**
 - 1.2.1 Operative Zielsetzung – 5
 - 1.2.2 Operatives Vorgehen und Schnitt – 5

- 1.3 Anästhesie und anästhesiologische Besonderheiten – 9**
 - 1.3.1 Vorbereitung zur Anästhesie – 9
 - 1.3.2 Durchführung der Anästhesie – 9
 - 1.3.3 Postoperatives Management – 10
 - 1.3.4 Anästhesiebedingte Komplikationen – 10
 - 1.3.5 Besonderheiten – 11

- Weiterführende Literatur – 11**

1.1 Erkrankung und Patientengut

Tumore des Gehirns stellen eine häufige neurochirurgische Behandlungsindikation dar. Die Operation dieser Tumore bedarf einer exakten Planung und einer engen Interaktion des narkoseführenden Anästhesisten mit dem operierenden Chirurgen. Sowohl die Tumorentität, die Tumorlokalisation als auch die persönliche Präferenz des Operateurs beeinflussen entscheidend den Ablauf der Operation. Im folgenden Kapitel werden die häufigsten Tumorentitäten unter Ätiologie und Pathophysiologie behandelt. Die typischen Erfordernisse der verschiedenen Tumorlokalisationen werden unter Operation und operative Besonderheiten aufgeführt.

1.1.1 Ätiologie und Pathophysiologie

Hirntumoren werden in primäre und sekundäre Hirntumore unterscheiden. Die häufigsten primären Hirntumore sind Gliome (ca. 30–40 %), Meningiome (ca. 20 %) und Hypophysenadenome (ca. 10 %).

■ ■ Gliome

Die Gliome sind primäre Hirntumore, die oft eine starke Ähnlichkeit mit differenzierter Glia zeigen. Häufig treten sie z. B. als Astrozytome, Oligodendrogliome, Ependymome oder Mischformen auf. Die WHO-Klassifikation dieser Tumoren in vier Malignitätsstufen (WHO[°]I–IV) basiert auf histologischen Kriterien und erlaubt – in gewissen Umfang – Rückschlüsse auf Therapieerfolg, Rezidivrate, Outcome und Überleben. Grundsätzlich werden Tumore der WHO-Klassifikation[°]I und II als gutartig sowie der Klasse III und IV als bösartig eingestuft.

■ ■ Meningiome

Meningiome sind von der Hirnhaut ausgehende extrazerebrale Tumore. Man unterteilt sie nach histologischen Kriterien in gutartige (WHO-Grad-I; etwa 87 %), atypische (WHO-Grad-II; etwa 10 %) oder anaplastische Meningiome (WHO-Grad-III; etwa 2–3 %).

■ ■ Metastasen

Eine Metastasierung in das Gehirn ist bei zahlreichen malignen Tumoren bekannt. Insbesondere häufig werden Metastasen von Tumoren der Lunge, des Gastrointestinaltrakts, der Niere und der Mamma beobachtet. Das Auftreten von Hirnmetastasen ist dabei häufig ein Zeichen der generalisierten Metastasierung im Endstadium der Tumorerkrankung, so dass nur ein kleiner Teil der Patienten mit Hirnmetastasen eine neurochirurgische Therapie angeboten werden kann.

1.1.2 Epidemiologie

Primäre Hirntumore sind relativ selten und machen nur etwa 2 % der Krebserkrankungen in Deutschland aus. Es gibt zwei

Häufigkeitsgipfel im 5.–7. Lebensjahrzehnt und im Kindesalter. Bei Kindern stellen Hirntumore nach der Leukämie die häufigste Krebsform dar.

Die Inzidenz für **Gliome** liegt bei 7–11/100.000. Männer sind in der Regel etwas häufiger betroffen. Während das pilozytische Astrozytom vornehmlich bei Kindern und Jugendlichen auftritt, liegt der Altersgipfel für Low-grade Gliome bei 35–44 Jahren und der für maligne Gliome bei 45–65 Jahren.

Die Inzidenz für **Meningiome** liegt bei 6–8/100.000 und der Erkrankungsgipfel im 6. Lebensjahrzehnt. Frauen sind häufiger betroffen als Männer. Es findet sich ein gehäuftes Auftreten bei Patienten mit Neurofibromatose oder als Spätfolge nach Bestrahlung.

Hirnmetastasen stellen als sekundäre Hirntumore heute den häufigsten malignen Tumor des Gehirns dar.

1.1.3 Klinisches Bild

■ ■ Gliome

WHO[°]I-Gliome wie das pilozytische Astrozytom (typischer Tumor des Kindes- und Jugendalters; zumeist im Bereich der Sehbahn oder des Kleinhirne) können durch die chirurgische Therapie oft komplett reseziert werden und haben eine exzellente Prognose.

WHO[°]II-Gliome (Astrozytome, Oligodendrogliome, Oligoastrozytome) kommen überwiegend supratentoriell allerdings auch in geringerer Frequenz infratentoriell vor. Sie neigen zu Rezidiven und haben ein hohes Risiko einer malignen Entartung/Malignisierung. Die optimale Therapiestrategie wird in der Literatur kontrovers diskutiert und reicht von Verlaufsbeobachtung über biopsische Diagnosesicherung bis hin zu radikaler Resektion mit und ohne Radiatio, wobei neueste Studien den Wert der radikalen Tumorresektion untermauern. Da sowohl klinisch als auch bildmorphologisch eine klare Trennung zwischen gutartigen[°]II und bösartigen[°]III-Gliomen nicht immer möglich ist, sollte die Dignität des Tumors auf jeden Fall histologisch gesichert werden.

WHO[°]III- und [°]IV-Gliome (anaplastische Gliome und Glioblastom) stellen die größte Gruppe der Gliome mit einem Anteil von 50 % dar. Sie wachsen rasch und infiltrativ als De-novo-Gliome oder als sekundäre Entdifferenzierung aus Low-grade-Gliomen. Bei diesen Tumoren ist die Tendenz zur Migration von Tumorzellen in entfernte Hirnareale am stärksten ausgeprägt, sodass zwar eine chirurgische Resektion der Tumormasse möglich ist, allerdings eine chirurgische Heilung nicht erreicht werden kann. Trotzdem wird durch die maximale radikale Tumorresektion die Überlebenszeit und das Ansprechen auf die adjuvante Therapie (postoperative Chemotherapie und Radiatio) entscheidend verbessert. Die Tumorlokalisation findet sich am häufigsten supratentoriell, oft periventrikulär und bihemisphäriell. Tumore der WHO[°]III und IV zeigen häufig eine ausgeprägtes perifokales Hirnödeme, sodass die Patienten oft einer anti-ödematösen Therapie z. B. mit Dexamethason bedürfen.

■ ■ Meningiome

Bei kompletter Resektion von $^{\circ}$ I-Tumoren ist die Rezidivrate sehr gering, oft kann eine Heilung erreicht werden. Atypische Meningiome weisen hohe Tendenz zur Rezidivierung auf, sodass oft eine postoperative Radiatio empfohlen wird. Anaplastische Meningiome rezidivieren zu 100 %, zeigen infiltratives Wachstum und Neigen zu intrakraniellen Metastasierung, sodass die mediane Überlebenszeit postoperativ oft auf wenige Jahre begrenzen ist. Häufige Lokalisationen für die Meningeomentstehung sind die Konvexität, insbesondere um den Sinus sagittalis superior, Keilbeinflügel, Falx cerebri, Olfaktoriusrinne und die gesamte Schädelbasis.

■ ■ Metastasen

Das Ziel der neurochirurgischen Therapie bei Metastasen sind primär die Diagnosesicherung bei unklarem Primärtumor, die Verbesserung der Lebensqualität durch Minderung von Hirndruck und dadurch bedingter neurologischer Defizite sowie der Versuch die Überlebenszeit der Patienten zu verlängern. Die Prognose der Patienten wird dabei wesentlich von der Kontrolle des Primärtumors, dem Ausmaß der generalisierten Metastasierung, der Anzahl der zerebralen Metastasen und dem Allgemeinzustand des Patienten bestimmt.

■ ■ Diverse

Neben Hirnmetastasen, Gliomen und Meningiomen gibt es ganze Reihe weiterer Hirntumore, welche einer spezifischen chirurgischen Therapie bedürfen (u. a. Hypophysenadenome, Akustikusneurinome, Hämangioblastome). Die chirurgische Behandlung der Hypophysenadenomen wird in einem gesonderten Kapitel behandelt (► Kap. 3). Die Besonderheiten der chirurgischen Therapie der Akustikusneurinome und Hämangioblastome werden bei der jeweiligen Darstellung der Operationstechnik berücksichtigt.

■ Symptomatik

Die Symptomatik der Hirntumore ist vielfältig und wird von Tumorlokalisation und Hirndruck bestimmt. Unspezifische Zeichen eines Hirntumors können Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit und Erbrechen darstellen. Lähmungen, Gefühls-, Sprach- und Sprechstörungen sowie epileptische Anfälle entsprechend eher spezifischen Symptomen, die auf eine bestimmte Lokalisation der Läsion hinweisen. Besonderes Augenmerk sollte stets auf mögliche Zeichen einer erheblichen Steigerung des intrakraniellen Drucks mit der Gefahr der Entwicklung eines Hydrozephalus und/oder einer Hirnherniation (z. B. Übelkeit, Erbrechen, Sehstörungen [Stauungspapillen], Vigilanzminderung bis hin zum Koma) gelegt werden. Hier besteht mitunter eine notfallmäßige Operationsindikation.

Ein Zusammenhang von Lebensgewohnheiten und Erkrankungsrisiko bei primären Hirntumoren ist nicht gesichert. Lediglich das Entstehen von Meningiomen nach radiotherapeutischer Behandlung ist nachgewiesen.

■ Begleitmedikation

Bei Anzeichen eines erhöhten intrakraniellen Drucks und erheblicher Hirnschwellung ist Dexamethason bis zu 3×8 mg oral oder i.v., ggf. 40 mg i.v. als Bolus indiziert. Auf hinreichende Magenulkusprophylaxe ist dabei zu achten (z. B. Pantozol 40 mg).

Bei epileptischen Anfällen ist eine antikonvulsive Medikation sinnvoll. Häufig eingesetzt werden Valproinsäure, Levetiracetam, Carbamazepin. Die genaue Auswahl und Dosierung setzt oft eine Kenntnis der Anfallssemiologie voraus.

1.2 Operation und operative Besonderheiten

1.2.1 Operative Zielsetzung

Ziel der Operation ist die komplette oder teilweise Tumoresektion unter Erhalt der neurologischen Funktionalität.

1.2.2 Operatives Vorgehen und Schnitt

1.2.2.1 Tumorresektion in Rückenlage

Tumore im Bereich des Frontalhirns, Temporalappens oder der Parietalregion können in Rückenlage bei entsprechender Drehung des Kopfs gut erreicht werden. Hierzu wird der Kopf in die entsprechend positioniert und dann mit der Mayfield-Klemme fixiert. Bei Einsatz eines Navigationssystems wird der Zugangsweg mit Hautschnitt und darunter liegender Kraniotomie geplant. Nach Haarrasur im Bereich des Hautschnitts, sorgfältiger Desinfektion der Haut und sterilem Abdecken erfolgt der Hautschnitt und ggf. das Abschieben von Galea-Periosts und Muskulatur. Anschließend wird die Bohrlochtrepantation zur Kraniotomie mit dem Kraniotom erweitert. Der Knochendeckel wird gehoben und die Dura liegt frei.

Nach Einschwenken des Mikroskops wird nun die Dura zum Sinus gestielt eröffnet. Je nach Tumorlokalisation wird nun das Gehirn mit einem oder zwei Hirnspateln angehoben bzw. zurückgehalten, sodass ein direkter Zugang zum Tumor erreicht wird. Bei großen Tumoren wird zunächst eine innere Dekompression der Tumormasse durchgeführt. Gegen Ende der Resektion wird der Tumor im Randbereich vom angrenzenden Hirngewebe und ggf. den benachbarten Hirnnerven sowie Gefäßen abpräpariert. In der Regel wird die histologische Diagnose und Dignität mittels Schnellschnitt intraoperativ gesichert.

Nach sorgfältiger Blutstillung in der Tumorköhle und Auslegen der Höhle mit einem Hämatostyptikum (z. B. Tabotamp) wird diese mit Spülflüssigkeit aufgefüllt und darüber die Dura durch Naht möglichst wasserdicht verschlossen. Defekte der Dura können mit künstlicher Dura, Faszia lata, Fibrinpräparaten oder dem vorher entnommenen Periost-Patch ersetzt und abgedichtet werden. Danach wird der Knochendeckel wiedereingesetzt und mit Fäden

oder Metallplättchen fixiert. Schließlich folgt der schichtweise Wundverschluss und abschließend ein steriler Verband ggf. Druckverband, Entnahme aus der Mayfield-Klemme.

1.2.2.2 Tumorresektion in Bauchlage

Diese Lagerung eignet sich zur Resektion von Tumoren des Okzipitallappens und der hinteren Schädelgrube. Der Einsatz der Neuronavigation und des intraoperativen Monitorings ist möglich. Operative Vorbereitung, Zugang und Tumorresektion erfolgen in gleicher Art und Weise wie im Abschnitt zuvor beschrieben. Der Duraverschluss der hinteren Schädelgrube muss besonders sorgfältig erfolgen, da es in diesem Bereich häufig zur Ausbildung von Liquorfisteln kommt. Nicht immer reicht der entnommene Knochendeckel aus, um den Zugangsdefekt vollständig zu verschließen, da die Kraniotomie häufig noch erweitert wird. In diesen Fällen kann der Kraniotomiedefekt mit Knochenzement (PMMA) ausgefüllt werden. Gewebeverschluss und Verband wie oben beschrieben.

Als Besonderheit der der Bauchlage ist zu bedenken, dass häufig durch die Lagerung mit in Relation zum Herzniveau sehr tiefem OP-Situs stärkere venöse Blutungen auftreten können und auf den Blutverlust besonders geachtet werden sollte (▣ Abb. 1.1).

1.2.2.3 Tumorresektion in halbsitzender Lagerung

Die Lagerung in halbsitzender Position ist die aufwändigste Lagerung und wird bei der Resektion von Tumoren (z. B. pilozytisches Astrozytom, Akustikusneurinom) in der hinteren Schädelgrube und am Hirnstamm/Kleinhirnbrückenwinkel eingesetzt. Diese Lagerung besitzt das potenzielle Risiko einer möglicherweise fatalen Luftembolie und der Schädigung des Rückenmarks, sodass Operationen in halbsitzender Position eine besonders vertrauensvolle und eingespielte Zusammenarbeit von Operateur und narkosefüh-

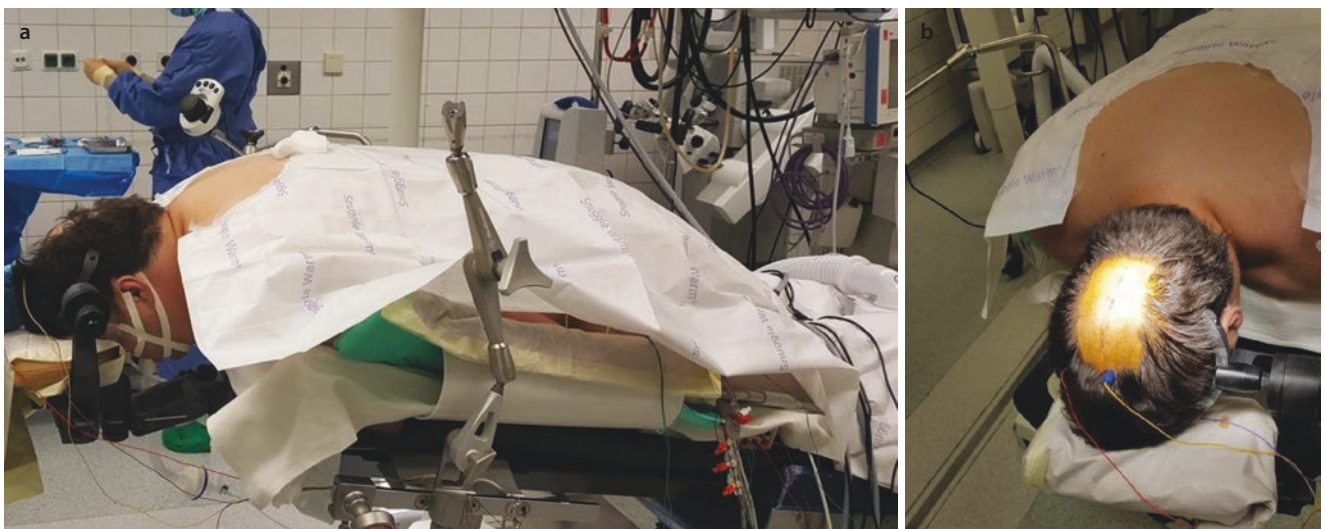
rendem Arzt erfordern. Der entscheidende Vorteil dieser Lagerung ist, dass durch das Abfließen des Bluts nach kaudal eine bimanuelle Präparation des Tumors durch den Operateur möglich ist.

Während der Operation muss der Operateur stets die Blutstillung mit besonderer Sorgfalt durchführen und offene Venen möglichst vermeiden. Routinemäßig wird nach Kraniotomie und vor Kraniotomieverschluss durch den Anästhesisten eine beidseitige Jugulariskompression durchgeführt. Durch den Rückstau des Blutes beginnen offene Venen unter dieser Maßnahme zu bluten, sodass diese dann gezielt verschlossen werden können. Ereignet sich während der Operation eine Luftembolie, so muss durch Jugulariskompression und Aspiration der intrakraniellen Luft die intrakardiale Luftmenge minimiert werden und die offene Vene möglichst sofort durch den Operateur verschlossen werden. Leider kann intravenöse Luft mitunter mit erheblicher Verzögerung im Herzen ankommen, sodass nicht immer sofort die Emboliequelle gefunden werden kann. Im Extremfall muss die Operation abgebrochen werden und der Patient aus der halbsitzenden Position entlagert werden.

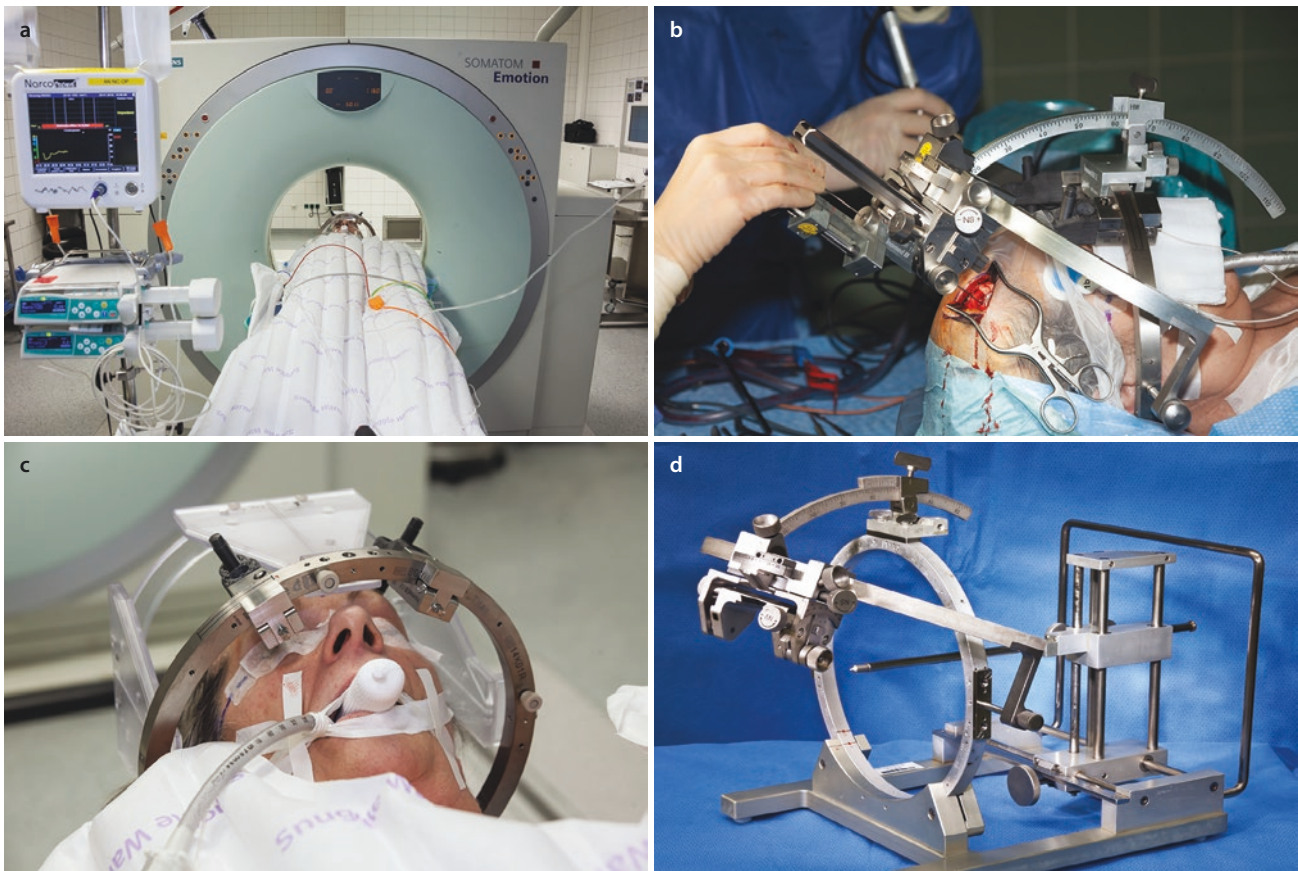
Die sonstige operative Vorbereitung, Zugangsdurchführung und Tumorresektion erfolgen in gleicher Art und Weise wie den vorhergehenden Abschnitten beschrieben. Es gelten auch die gleichen Besonderheiten für Dura- und Kraniotomieverschluss wie bei Operation in Bauchlage.

1.2.2.4 Stereotaktische Biopsie

Die stereotaktische Biopsie stellt eine minimal-invasive Technik zur Diagnosesicherung dar (▣ Abb. 1.2). Sie wird eingesetzt bei Tumoren, die möglicherweise keiner chirurgischen Resektion bedürfen (z. B. Lymphome, Germinome) oder die in eloquenten Arealen bzw. tief liegend in Mittelhirn oder Hirnstamm lokalisiert sind, sodass ein offenes chirurgisches Vorgehen mit erheblichem Risiko behaftet ist. Bei guter Kooperation des Patienten können viele stereotaktische Operationen in Lokalanästhesie durchgeführt werden. Bei unko-



▣ Abb. 1.1 Bauchlagerung zur Tumor-OP. a seitliche Aufnahme, b frontale Aufnahme mit Schnittführung



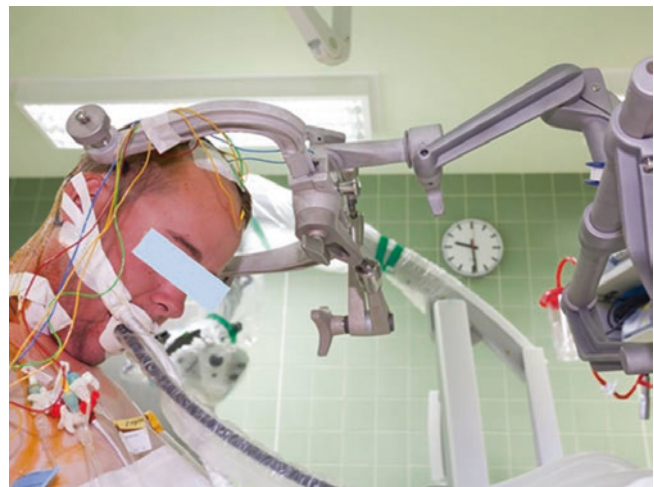
■ **Abb. 1.2** Stereotaxierahmen mit 3D-Koordinatensystem. **a** Patient im intraoperativen CT, **b** Stereotaktische Biopsie bei unklarer zerebraler Raumforderung, **c** Patient mit angebrachtem Stereotaxierahmen, **d** Stereotaxierahmen

operativen Patienten oder schwieriger Lokalisation des Tumors ist aber eine Operation in Vollnarkose ratsam.

Vor Beginn der Operation wird der stereotaktische Rahmen am Kopf des Patienten angebracht. Es folgt eine diagnostisches CT oder MRT (■ Abb. 1.2). Mit Hilfe der Bildgebung und des 3D-Koordinatensystems des Stereotaxierahmens werden Bohrlochtrepanation, Zielpunkt und ideale Trajektorie zum Tumor bestimmt. Die gewählten Koordinaten werden am Stereotaxierahmen eingestellt. Die Operation erfolgt in der Regel in Rückenlage. Nach Rasur, Hautdesinfektion und sterilem Abdecken folgt die Anlage eines Bohrlochs. Nach Koagulation der Dura, Duraeröffnung und Koagulation der Arachnoidea wird die Biopsiesonde kongruent zur errechneten Trajektorie zum Tumor vorgeschoben und in unterschiedlichen Tiefen mehrere Proben entnommen. Der intraoperative Schnellschnitt ist hier sehr wichtig, da nur bei gesichertem pathologischem Befund die Operation erfolgreich beendet werden sollte.

■ Operationsdauer

Die Operationsdauer liegt normalerweise bei ca. 2–3 Stunden, kann aber je nach Lage des Tumors bis zu 5–8 Stunden dauern. Die stereotaktische Operation kann inklusive des Transportes in das CCT und dem Warten auf den Schnellschnitt ebenfalls auch 2 Stunden dauern, obwohl die eigentliche Biopsie relativ schnell abläuft.



■ **Abb. 1.3** Kopffixierung mit der „Mayfield“-Klemme

■ Lagerung zur Operation

Mögliche Lagerungen.

■ Rückenlage

Der Kopf wird mit Hilfe der scharfen Schädelnagelfixierung (Mayfield-Klemme; ■ Abb. 1.3) in der gewünschten Lage fixiert. Dies gewährleistet ein sicheres Operieren am unbeweglichen

Kopf und ist nahezu unumgänglich für eine exakte Neuro-navigation. Das Ansetzen der Klemme verursacht einen nicht unerheblichen Schmerzreiz und sollte mit der Anästhesie abgestimmt werden. Idealerweise wird der Kopf so fixiert, dass der Ort der Kraniotomie der höchste Punkt ist. Bei starker Überdrehung des Kopfs kann es zu einer Störung des Abflusses des venösen Bluts kommen und somit das intrakranielle Blutvolumen erhöht werden. Dies kann eine Erhöhung des intrakraniellen Drucks verursachen.

Obligat bei jeglicher Lagerung ist das Polstern der Extremitäten zur Vermeidung von Druckschäden.

■ ■ Bauchlage

Der Kopf wird in der gewünschten Position mit der Mayfield-Klemme fixiert. Die Lagerung insgesamt inkl. Tubus und Kathetern gestaltet sich etwas schwieriger als in der Rückenlage und muss zwischen Chirurgen und Anästhesisten gut abgestimmt werden (■ Abb. 1.1).

■ ■ (Halb)sitzende Lagerung

Die halbsitzende Lagerung besitzt das potenzielle Risiko einer Luftembolie, da durch den um 45° erhöhten Oberkörper das Operationsgebiet oberhalb des Herzniveaus liegt. Konsekutiv kann es zu kardiovaskulären Problemen kommen und im Falle eines offenen Foramen ovale kann die Luft in das Gehirn weitergeleitet werden und zu einer zerebralen Ischämie führen. Der Anästhesist sollte stets freien Zugang zum Hals des Patienten haben, um durch eine Kompression der Jugularvenen jederzeit den Weitertransport des mit Luft beladenen venösen Bluts zu unterbrechen. Die Beine des Patienten sollten ebenfalls möglichst hoch gelagert werden, um den Druckgradienten zwischen Hirnvenen und Herzvenen möglichst gering zu halten.

Der Kopf wird anteflektiert, sodass eine fast senkrechte Kopfposition erreicht wird. Abhängig von der Tumorlokalisierung wird dann der Kopf noch entsprechend gedreht. Bei der Operation muss gezielt auf die Anordnung von Tubus, Kathetern und Elektrodenkabeln geachtet werden. Zur Vermeidung von Druckstellen müssen die Extremitäten gut gepolstert werden.

■ Schnittführung

Individuell je nach Tumorlokalisierung. Die Schnittführung kann gerade, bogen- oder bügelförmig sein.

■ Instrumentarium

Zur exakten Lokalisation des Tumors wird intraoperativ häufig ein Navigationssystem verwendet. Basierend auf 3D-Datensätzen von MRT oder CCT wird mit Hilfe von präoperativen Aufnahmen ein dreidimensionales Bild generiert und mit der intraoperativen Situation referenziert. Um die Tumorgrenzen exakter zu bestimmen, ist außerdem der intraoperative Ultraschall hilfreich. Ebenfalls möglich ist die präoperative Gabe von speziellen Fluoreszenzfarbstoffen (z. B. ALA-5), um intraoperativ unter speziellem Licht fluoreszierendes vitales Tumorgewebe von angrenzendem Hirnparenchym zu unterscheiden. Abhängig von der Lokalisation

des Tumors kann intraoperativ ein Monitoring von Hirnarenalen, Hirnbahnen oder Hirnnerven mittels akustisch-evozierter Potenziale und/oder somatosensibel evozierter Potenziale sowie motorisch evozierten Potenzialen erfolgen. Die Elektroden werden während der Lagerung platziert und kontinuierlich während der gesamten Operation abgeleitet.

■ Perioperative Antibiotikaphylaxe

Single-shot-Antibiotikaphylaxe mit einem Cephalosporin.

■ Intraoperativer Blutverlust

Der intraoperative Blutverlust kann normalerweise zwischen 0,5–2 Liter betragen. Bei (halb)sitzender Lagerung fließt das Blut direkt aus dem Operationsgebiet, der Schwerkraft folgend, in die Operationstücher. Daher kann der Blutverlust deutlich höher sein, als man aufgrund der Füllung des Sauerreservoirs annimmt.

■ Blutprodukte

Es muss Kreuzblut abgenommen werden und 2–4 Erythrozytenkonzentrate bestellt werden.

■ Intraoperative Schmerzintensität

Die Anlage der Mayfield-Klemme, der Zeitraum vom Hautschnitt bis zur Eröffnung der Dura mater und die Hautnaht haben eine relativ hohe Schmerzintensität. Die Operation am Gehirn selbst ist hingegen völlig schmerzfrei.

■ Krankheitsverlauf (outcome)

Individuell je nach Grunderkrankung unterschiedlich.

■ OP-bedingte Komplikationen

Durch eine Läsion des den Tumor umgebenden Gehirngewebes können postoperativ neuronale Ausfälle auftreten. Bei Manipulationen in der Höhe des Hirnstamms kann es zu kardiovaskulären Problemen kommen oder zur Beeinträchtigung des Atemzentrums.

Bei einer (halb)sitzenden Lagerung können Luftembolien auftreten, die bei offenen Foramen ovale in das Gehirn weitergeleitet werden können. Die zweite Gefahr der halbsitzenden Lagerung stellt die Schädigung des zervikalen Rückenmarks dar.

Eine Nachblutung oder ein Hirnödem können nach Verschluss des Schädels den intrakraniellen Druck erhöhen. Bei Patienten die trotz sicheren Abklingens des Anästhetikums bzw. der Opiode nicht aufwachen oder Krampfanfälle entwickeln unbedingt den Operateur verständigen und ggfs. ein Kontroll-CCT durchführen.

■ Besonderheiten

Bei Resektion von Tumoren in eloquenten Arealen kann mittels Neuromonitoring frühzeitig ein Verlust von Funktionalität in dieser Region detektiert und verhindert werden. In seltenen Fällen wird die Tumorentfernung in solch eloquenten Arealen (z. B. Sprachzentrum) auch im Rahmen einer Wach-OP durchgeführt.

1.3 Anästhesie und anästhesiologische Besonderheiten

1.3.1 Vorbereitung zur Anästhesie

■ Präoperative Evaluation

Standarduntersuchungen wie körperliche Untersuchung, invasive Blutdruckmessung, SpO₂, EKG und ggf. Thoraxröntgenaufnahme.

Bei Operation in (halb)sitzender Lagerung sollte präoperativ ein offenes Foramen ovale mit Rechts-links-Shunt durch Echokardiographie oder transkranielle Dopplersonographie ausgeschlossen werden. Ist dies nicht möglich, so kann nach Narkoseeinleitung mittels transösophagealer Echokardiographie (TEE) ein offenes Foramen ovale identifiziert werden.

Elektrolyte, Gerinnungsparameter, kleines Blutbild, Kreatinin, Leberenzyme und Plasmaglukosekonzentration sollten präoperativ kontrolliert werden.

■ Aufklärung

Aufgeklärt werden sollte über die Standardrisiken der Allgemeinanästhesie, Lagerungsschäden, invasive arterielle Blutdruckmessung, zentralvenöser Katheter, Magensonde, Blasen-dauerkatheter, Bluttransfusion, Intensivstation sowie Nachbeatmung. Bei Operation in sitzender Position ist das Risiko der Luftembolie und Rückenmarkschädigung zu besprechen. Im Falle einer Wach-OP muss mit dem Patienten das Prozedere ausführlich besprochen werden, da sich hierüber die Kooperationsbereitschaft des Patienten intraoperativ deutlich verbessert.

■ Prämedikation

Die medikamentöse Prämedikation kann entsprechend des Standards für Erwachsene z. B. mit Benzodiazepinen durchgeführt werden. Ist die Vigilanz des Patienten durch die Grunderkrankung vermindert, so sollte auf eine medikamentöse Prämedikation verzichtet werden.

■ Prophylaxen

Wenn indiziert dann H₁/H₂-Prophylaxe oder/und PONV-Prophylaxe. Ein perioperatives Kortison-Cover-Schema ist indiziert wenn der Patient Kortison einnimmt z. B. normale Kortisonmedikation am OP-Morgen sowie 25 mg Hydrocortison i.v. zur Narkoseeinleitung und 100 mg/Tag Hydrocortison für 48–72 h.

■ Begleitmedikation

Häufig nehmen die Patienten Kortikosteroide ein. Gelegentlich nehmen die Patienten Antiepileptika ein.

1.3.2 Durchführung der Anästhesie

■ Monitoring

5-Kanal-EKG, SpO₂, intravasale Blutdruckmessung, vesikale Temperaturmessung.

Abhängig von der Lokalisation des Tumors kann intraoperativ ein Monitoring von Hirnarealen, Hirnbahnen oder Hirnnerven mittels akustisch-evozierter Potenziale und/oder somatosensibel evozierter Potenziale sowie motorisch evozierten Potenzialen erfolgen. Die Elektroden werden nach der Lagerung platziert und kontinuierlich während der gesamten Operation abgeleitet.

Bei Operationen in sitzender Position ist ein kontinuierliches TEE oder ein präkordialer Doppler indiziert um intrakardiale Luftembolien frühzeitig zu erkennen.

■ Zugänge

2 große, gut zugängliche periphere Venenverweilkanülen; Magensonde; Blasen-katheter mit Temperatursonde; arterielle Kanüle (der Druckabnehmer muss auf Höhe des äußeren Gehörgangs kalibriert werden, um den zerebralen Perfusionsdruck adäquat bestimmen zu können). Dies ist insbesondere bei Operationen in (halb)sitzender Position von Bedeutung. Bei (halb)sitzender Position ist zusätzlich ein zentraler Venenkatheter indiziert, dessen Spitze ausnahmsweise im rechten Vorhof platziert werden soll (Kontrolle: TEE oder intrakardiale EKG-Ableitung), damit im Falle einer Luftembolie die sich im Vorhof ansammelnde Luft mit einer Spritze abgezogen werden kann. Idealerweise hat der zentralvenöse Katheter mehrere Perforationen an der Spitze um möglichst schnell und effektiv das Blut-Luft-Gemisch aus dem Vorhof abziehen zu können.

■ Wahl des Anästhesieverfahrens

Allgemeinanästhesie als TIVA oder balancierte Anästhesie in Intubationsnarkose. Der Vorteil der TIVA liegt darin, dass durch die zerebrale Vasokonstriktion zu einer Reduktion des intrakraniellen Blutvolumens und somit des intrakraniellen Drucks kommt. Da gleichzeitig auch der Metabolismus reduziert wird, kommt es zu keinem Fehlverhältnis zwischen O₂-Angebot und O₂-Bedarf. Somit ist die TIVA indiziert, wenn ein Hirnödem bereits vorbesteht oder der Tumor an einer für den Operateur schwer zugänglichen Stelle liegt. In allen anderen Fällen kann eine balancierte Anästhesie durchgeführt werden.

! Cave

Hierbei ist zu beachten, dass Desfluran einen starken direkten vasodilatierenden Effekt besitzt und daher das intrakranielle Blutvolumen per se schon erhöhen kann. Desfluran sollte daher bei Kraniotomien nur zurückhaltend eingesetzt werden.

Sind evozierte Potenziale als Neuromonitoring vorgesehen, so sollte eine TIVA bevorzugt zum Einsatz kommen, da Inhalationsanästhetika die Signalqualität negativ beeinflussen können.

In seltenen Fällen kann es sinnvoll sein eine Operation bei Tumorlokalisierung in oder direkt angrenzend an eloquente Hirnareale im Wachzustand des Patienten durchzuführen. Hier bedarf es einer besonders engen Kooperation zwischen Anästhesist, Operateur und Patient.

■ Atemwegsmanagement

Der Atemweg wird normalerweise durch einen oralen Endotrachealtubus gesichert. Ausnahme stellen die Patienten dar, bei denen eine Wach-OP durchgeführt werden soll. Für diese Patienten bestehen verschiedene Konzepte. Bei der Schlaf-Wach-Technik ist der Patient während der Präparation des Schädels tief anästhesiert und der Atemweg kann mittels Larynxmaske gesichert werden. Wenn die Präparation abgeschlossen ist und die Operation in der Nähe der eloquenten Bereiche beginnt, soll der Patient wieder aufwachen und die Larynxmaske wird entfernt. Neben der Verwendung einer Larynxmaske existieren im Rahmen dieser Schlaf-Wach-Technik noch eine Vielzahl anderer Methoden, um den Atemweg zu sichern. Alternativ kann der Schädel ausschließlich in Lokalanästhesie (Skalpblock) präpariert werden, begleitet von einer leichten Analgosedierung (Wach-Wach-Technik). Hier ist keine Sicherung des Atemwegs nötig, wohl aber eine Überwachung des endexpiratorischen PetCO_2 .

1.3.2.1 Allgemeinanästhesie

■ Einleitung der Anästhesie

Wenn keine Besonderheiten vorliegen, dann Standardmedikamente; Augenschutz mit Salbe, Pflaster und ovalem selbstklebenden Uhrglasverband.

■ Aufrechterhaltung der Anästhesie

Da postoperativ eine schnelle neurologische Beurteilung wünschenswert ist, sollten gut steuerbare volatile Anästhetika (z. B. Sevofluran) oder Injektionsanästhetika (z. B. Propofol) verwenden. Bei normalem intrakraniellen Druck wird die Anästhesie mit Sevofluran bis maximal 1 MAC, bei erhöhtem intrakraniellen Druck mit Propofol (z. B. Disopripan) 2 % (ca. 6 mg/kgKG/h) aufrechterhalten. Der systolische Blutdruck sollte nicht unter 90 mmHg (Gefahr einer zerebralen Ischämie) und nicht über 140 mmHg (Gefahr einer Blutung) liegen.

Zur Senkung des Blutdrucks werden Urapidil (z. B. Ebrantil) fraktioniert 10 mg oder Clonidin (z. B. Catapresan) fraktioniert 30 µg wiederholt i.v. nach Wirkung eingesetzt. Aufgrund des direkten vasodilatierenden Effekts sollte der Einsatz von Lachgas bei einer Kraniotomie vermieden werden.

Kommt es intraoperativ zu einer Schwellung des Hirngewebes (Hirnödem), so kann als antiödematöse Therapie Dexamethason (z. B. 40 mg i.v.) und Mannitol (ca. 0,3 g/kgKG) bzw. hypertone Kochsalzlösungen gegeben werden. Darüber hinaus sollten volatile Anästhetika durch intravenöse Anästhetika ersetzt werden, da diese nicht zu einer zerebralen Vasodilatation führen. Bis diese Maßnahmen greifen kann durch eine kurzzeitige Hyperventilation (Zielwert PaO_2 : 30 mmHg) das intrakranielle Blutvolumen und somit der intrakranielle Druck gesenkt werden. Da es unter einer Hyperventilation zu einer Minderperfusion des Gehirngewebes kommt ohne gleichzeitige Senkung des zerebralen Metabolismus, kann eine Ischämie des Gehirns unter dieser Therapie auftreten. Daher sollte sobald möglich wieder zur Normoventilation zurückgekehrt werden. Eine Hyperther-

mie ist zu jedem Zeitpunkt unbedingt zu vermeiden. Eine perioperative Hypothermie hat keinen neuroprotektiven Effekt.

■ Ausleitung der Anästhesie

Nach Rücksprache mit dem Operateur wird eine unmittelbare postoperative Extubation angestrebt, da nur beim wachen Patienten mögliche Komplikationen wie ein Hirnödem oder eine Nachblutung frühzeitig detektiert werden können. Zur Narkoseausleitung muss der Patient normotherm sein. Blutdruckspitzen, Husten, Pressen und Würgen müssen wegen der Gefahr der Nachblutung während der Ausleitung unbedingt vermieden werden.

■ Flüssigkeitsbedarf

Eher geringer Flüssigkeitsbedarf, da keine großen Körperhöhlen eröffnet werden. Zur Infusionstherapie sollten keine hypotone Lösungen (z. B. Ringer-Laktat und niedrigprozentige Glukoselösungen) verwendet werden, da diese die Entstehung eines Hirnödems begünstigen. Die reale Osmolarität der verwendeten Lösungen sollte 280–300 mosmol/l betragen.

1.3.3 Postoperatives Management

■ Überwachung und Transport

Jeder Patient mit einer intrakraniellen Operation muss obligatorisch postoperativ überwacht werden. Schon kleine Nachblutungen können die Vigilanz des Patienten stark beeinflussen und letztendlich zu einem Einklemmen des Gehirns im Tentoriumsschlitz oder dem Foramen magnum kommen. Wird diese Komplikation nicht rechtzeitig detektiert, verstirbt der Patient.

Zur adäquaten Überwachung ist eine Monitorüberwachung für jeden Patienten obligat. Bei allen Intensivpatienten sollte eine invasive Blutdruckmessung über einen arteriellen Zugang durchgeführt werden.

Transporte sollten ausschließlich in ärztlicher Begleitung durchgeführt werden.

■ Schmerztherapie

Die Schmerzintensität nach Kraniotomie ist sehr unterschiedlich ausgeprägt. Initial kann ein VAS von bis zu 7–8 erreicht werden. Die Schmerzen sollen adäquat therapiert werden, da sonst die Gefahr der Chronifizierung besteht. Die Angst, dass es durch Opioide zu einer Hypoventilation mit konsekutiver Erhöhung des intrakraniellen Blutvolumens/Drucks kommt darf nicht zu einer schmerztherapeutischen Unterversorgung führen.

1.3.4 Anästhesiebedingte Komplikationen

Bei der (halb)sitzenden Lagerung ist während des Aufrichtens des Patienten in Narkose auf ein Blutdruckabfall zu achten. Dieser kann teilweise durch einen Volumenbolus vor Auf-

setzen des Patienten vermieden werden. Intraoperativ könnte über einen hochnormalen ZVD und Normovolämie bis mäßige Hypervolämie das Auftreten von Luftembolien vermieden werden. Ein hoher PEEP hat hier keinen protektiven Effekt. Kommt es intraoperativ zu einer hämodynamisch relevanten Luftembolie, so ist der Operateur umgehend zu informieren, die Jugularvenen zu komprimieren und Blut über den intrakardial liegenden Schenkels des ZVKs zu aspirieren. Die FiO_2 ist auf 1,0 zu erhöhen, und eine Kreislauftherapie mittels Volumengabe und Katecholamintherapie zu beginnen. Kann die Stelle des Lufteintritts nicht detektiert werden muss die Lagerung aufgehoben und der Kopf unterhalb des Herzniveaus abgesenkt werden.

Hustet der Patient intraoperativ so kann dies zu einer Verletzung durch die Mayfield-Klemme führen. Daher ist auf eine adäquate Sedierung der Patienten besonders zu achten. Arterielle Hypertension, Erbrechen und Husten können postoperativ eine intrakranielle Blutung fördern. Um dies präventiv zu vermeiden sollte bereits intraoperativ mit der vegetativen Abschirmung bzw. schmerztherapeutischen Therapie begonnen werden z. B. durch die Verwendung von Clonidin bzw. Piritramid.

1.3.5 Besonderheiten

Das Ausmaß der Schädigung des Hirngewebes wird neben den operativen Faktoren durch folgende Parameter beein-

flusst: Plasmaglukosespiegel, Temperatur, $\text{PaO}_2/\text{SaO}_2$ und PaCO_2 , arterieller Blutdruck. Diese Werte sollten während der gesamten Anästhesie strikt im Normbereich gehalten werden (Aufrechterhaltung der Homöostase!). Potenziell neuroprotektive Medikamente sind bisher noch nicht für die klinische Anwendung freigegeben.

Weiterführende Literatur

- DGAI, DGCH, DCIM (2017) Präoperative Evaluation erwachsener Patienten vor elektiven, nicht herz-thoraxchirurgischen Eingriffen. Gemeinsame Empfehlung der DGAI, DGCH und DGIM. *Anästhesiol Intensivmed* 58:349–364
- Engelhard K (2016) Neuroanästhesie. *Anaesthesist* 65:151–160
- Hendrix P, Senger S, Simgen A, Griessenauer CJ, Oertel J (2017) Preoperativer TMS language mapping in speech eloquent brain lesions resected under general anesthesia: a pair-matched cohort study. *World Neurosurg* 100:425–433
- Louis DN, Perry A, Reifenberger G et al (2016) The 2016 World Health Organization classification of tumors of the central nervous system: a summary. *Acta Neuropathol* 131:803–820
- Malcharek MJ, Loeffler S et al (2015) Transcranial motor evoked potentials during anesthesia with desflurane versus propofol – a prospective randomized trial. *Clin Neurophysiol* 126:1825–1832
- Potters JW, Kimek M (2015) Awake craniotomy: improving the patient's experience. *Curr Opin Anesthesiol* 28:511–516
- Rossaint R, Werner C, Zwißler B (2019) *Die Anästhesiologie*, 4. Aufl. Springer, Heidelberg/Berlin
- Wilhelm W (2013) *Praxis der Intensivmedizin*, 2. Aufl. Springer, Heidelberg/Berlin



Zerebrales Aneurysma

Irene Tzanova, Wibke Müller-Forell und Joachim Oertel

- 2.1 Erkrankung und Patientengut – 14**
 - 2.1.1 Ätiologie und Pathophysiologie – 14
 - 2.1.2 Epidemiologie – 14
 - 2.1.3 Klinisches Bild – 14
- 2.2 Therapie und therapeutische Besonderheiten – 15**
 - 2.2.1 Operative und interventionelle Zielsetzung – 15
 - 2.2.2 Operatives und interventionelles Vorgehen – 15
- 2.3 Anästhesie und anästhesiologische Besonderheiten – 19**
 - 2.3.1 Vorbereitung zur Anästhesie – 19
 - 2.3.2 Durchführung der Anästhesie – 21
 - 2.3.3 Postoperatives Management – 22
 - 2.3.4 Anästhesiebedingte Komplikationen – 23
 - 2.3.5 Besonderheiten – 23
- Weiterführende Literatur – 23**

2.1 Erkrankung und Patientengut

2.1.1 Ätiologie und Pathophysiologie

Aneurysmen der intrakraniellen Arterien sind zumeist an einer Bifurkation der Arterien lokalisiert und durch eine sack- oder beerenförmige Erweiterung des Gefäßes charakterisiert (▣ Abb. 2.1). Die Aneurysmen zeigen sich in ihrer Konfiguration und Größe außerordentlich variabel. Sehr große Aneurysmen mit einem Durchmesser von über 25 mm werden als Riesenaneurysmen (Giant-Aneurysma) bezeichnet. Etwa ein Fünftel der Betroffenen leidet an Mehrfachaneurysmen.

Die Ursache der Aneurysmen ist multifaktoriell. Angeborene Gefäßwandschwächen (z. B. Marfan-Syndrom) werden hier ebenso diskutiert wie erworbene Formen durch Hypertonus und andere Gefäßerkrankungen. Eine familiäre Häufung wird immer wieder beschrieben. In den meisten Fällen bleibt die Ursache unbekannt.

Die meisten Aneurysmen treten an Teilungsstellen der basalen Abschnitte der Hirnarterien in Höhe des Circulus arteriosus Willisii auf. Prädilektionsstellen sind (in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit) die A. cerebri anterior mit der A. communicans anterior, die A. carotis interna mit der A. communicans posterior, die Bifurkation der A. cerebri media und der Basilariskopf, im Bereich der hinteren Schädelgrube auch am Abgang der A. cerebelli inferior posterior.

Durch Wachstum mit Kompression angrenzender neuraler Strukturen oder häufiger durch eine Ruptur mit daraus resultierender Subarachnoidalblutung (SAB) wird ein Aneurysma symptomatisch.

2.1.2 Epidemiologie

Die Prävalenz von Hirnarterienaneurysmen ist außerordentlich hoch. Die aneurysmatische SAB zeigt eine Inzidenz von 6/100.000 Einwohnern in Mitteleuropa und den USA. Erheblich höhere Inzidenzen bis zu 20/100.000 Personenjahren wurden in Skandinavien und Japan nachgewiesen. Unter Erwachsenen ohne spezifische Risikofaktoren beträgt die Prävalenz etwa 2,3 %, in höherem Lebensalter nimmt sie zu, so-

dass Häufigkeiten von bis zu 4 % beschrieben werden. In älteren Autopsieserien wurden sogar Prävalenzen von bis zu 18 % beobachtet. 80–85 % der Aneurysmen liegen im vorderen zerebralen Stromgebiet.

■ Erkrankungsalter

Aneurysmen können in jedem Lebensalter symptomatisch werden. Generell ist der Erkrankungsgipfel der aneurysmatisch bedingten SAB die 5. und 6. Lebensdekade.

■ Geschlechtsverhältnis

Männer zu Frauen etwa 1:3. Bei Frauen ist die Reruptur-Wahrscheinlichkeit doppelt so hoch wie bei Männern.

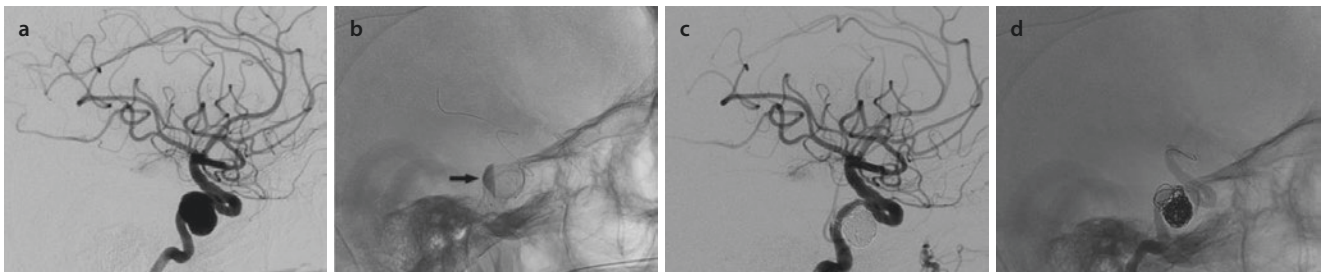
2.1.3 Klinisches Bild

■ Symptomatik

Zumeist werden Hirnaneurysmen erst durch eine SAB diagnostiziert (▣ Abb. 2.5). Die aneurysmatische SAB führt, meist auf Grund einer akuten Liquorzirkulationsstörung (unten) zu einer akuten massiven Hirndrucksteigerung. Gelegentlich wird die SAB von einer intraparenchymalen Einblutung begleitet.

Die klinische Symptomatik einer SAB ist hinsichtlich der Ausprägung der einzelnen Symptome sehr variabel. Die Leitsymptome sind heftigste Kopfschmerzen (sog. Vernichtungskopfschmerz), Nackensteifigkeit, Vigilanzminderungen und/oder Bewusstseinsstörungen bis hin zum Koma oder Tod. 30–50 % der Betroffenen versterben bevor sie das Krankenhaus erreicht haben und eine spezifische Therapie eingeleitet werden kann. Weitere Symptome (z. B. Hemiparese, hirnorganisches Psychosyndrom, Aphasie etc.) richten sich v. a. nach der Lokalisation der Blutung respektive der Lokalisation bei einem raumfordernden Aneurysma.

Als Folge der Blutung kommt es häufig relativ rasch zu einer akuten Liquorabflussstörung, später zusätzlich auch zu einer Liquorresorptionsstörung mit Entwicklung eines akuten Hydrozephalus. Zudem besteht innerhalb der ersten 14 Tage das hohe Risiko eines zerebralen Vasospasmus mit einer konsekutiven zerebralen Ischämie. Eine seltene ge-



▣ Abb. 2.1 Aneurysma im Bereich des Sinus cavernosus. a DSA der rechten A. carotis interna (ACI) mit großem Aneurysma im Bereich des Sinus cavernosus, b unsubtrahierte Darstellung unmittelbar nach Freisetzen des Flow-diverter-Stents. Beachte die Stase des Kontrastmit-

tels im Aneurysma (Pfeil) als Nachweis der Flussreduktion, c Abschlusskontrolle nach zusätzlichem (lockeren) Coiling des Aneurysmasacks, d korrespondierende nicht subtrahierte Darstellung

fürchtete Komplikation – insbesondere innerhalb der ersten Stunden nach dem Ereignis – ist das Auftreten von kardialen Arrhythmien (Herzrhythmusstörungen), die einen Herzinfarkt oder einen plötzlichen Herztod nach sich ziehen können.

Nicht operativ oder interventionell versorgte zerebrale Aneurysmen zeigen insbesondere innerhalb der ersten vier Wochen nach der initialen Blutung ein stark erhöhtes Risiko einer Rezidivblutung.

Auch ohne SAB können Aneurysmen durch eine lokale Raumforderung symptomatisch werden. Eher selten führen Krampfanfälle zur Diagnose eines raumfordernden Aneurysma z. B. der A. cerebri media. Typische Kompressions-symptome sind Augenmuskellähmungen (z. B. Okulomotorius- oder Abducensparese), die insbesondere bei großen Aneurysmen der A. carotis interna (extradural) im Sinus cavernosus oder intradural am Abgang der A. communicans posterior bzw. der Basilarisspitze auftreten können. Große Aneurysmen der A. communicans anterior, A. cerebri anterior und A. carotis interna führen in seltenen Fällen zu Sehstörungen und Gesichtsfeldausfällen, wenn sie einen lokalen Druck auf die Sehbahn (N. opticus, Chiasma opticum, Tractus opticus) ausüben. Riesenaneurysmen (Durchmesser >25 mm) führen häufig zu Entwicklung eines Verschlusshydrozephalus mit Therapiebedürftigkeit.

■ Begleiterkrankungen

Folgende Begleiterkrankungen können häufig bei Patienten mit einem zerebralen Aneurysma diagnostiziert werden:

- arterielle Hypertonie (21 %),
- Diabetes mellitus (2 %),
- kardiale Vorerkrankungen (3 %),
- polyzystische Nieren (5 %),
- Marfan Syndrom,
- α_1 -Antitrypsinmangel,
- Ehlers-Danlos-Syndrom,
- intrakranielle arterio-venöse Malformationen,
- Drogenabusus.

2.2 Therapie und therapeutische Besonderheiten

2.2.1 Operative und interventionelle Zielsetzung

2.2.1.1 Rupturiertes Hirnarterienaneurysma

Ziel ist die Ausschaltung des Aneurysmas aus der Zirkulation, um eine erneute Ruptur zu verhindern. Neurochirurgisch erfolgt dies durch Clippen der Rupturstelle (im Idealfall Kompletverschluss des Aneurysmas) und neuroradiologisch interventionell durch Coiling des Aneurysmasacks.

2.2.1.2 Nichtrupturiertes Hirnarterienaneurysma

Ausschluss des Aneurysmas aus der Zirkulation durch Clipping oder Coiling, um einer SAB vorzubeugen.

2.2.1.3 Lokal komprimierendes Hirnarterienaneurysma

Chirurgische Volumenreduktion (im Idealfall Kompletverschluss und Resektion des Aneurysmas) um eine Dekompression der komprimierten Strukturen (Sehnerven, N. oculomotorius etc.) zu erreichen.

In den letzten Jahren haben sich in der interventionellen neuroradiologischen Behandlung durch die Einführung neuer Stents (sog. Flow diverter) weitere therapeutische Optionen zur Behandlung lokal komprimierender Hirnarterienaneurysmen ergeben. Die bei diesen Stents vorgegebene Maschendichte leitet in der Regel den Blutstrom am Aneurysma vorbei in dessen Trägergefäß, wodurch es zu einer Gerinselbildung (Thrombose) im Aneurysmasack kommt. Dieser Prozess führt zum Verschluss des Aneurysma, wobei zusätzliche Coils diesen Vorgang beschleunigen und komplettieren können (■ Abb. 2.1). Unbedingt zu beachten ist, dass diese Therapie nur nach vorheriger Aufsättigung und anschließender Dauermedikation einer doppelten Thrombozytenaggregationshemmung (ASS lebenslang und Clopidogrel für mindestens 6 Monate) durchgeführt werden kann.

2.2.2 Operatives und interventionelles Vorgehen

Für die Versorgung eines Hirnarterienaneurysmas stehen prinzipiell zwei Therapiemodalitäten zur Verfügung, das chirurgische Clipping und das interventionelle Coiling. In vielen Fällen stellen sie konkurrierende, in einigen Fällen aber auch sich ergänzende Therapieverfahren dar:

- Der Vorteil des **Coilings** liegt in der geringen Invasivität und niedrigeren perioperativen Komplikationsrate. Nachteilig ist, dass manche der Coil-versorgten Aneurysmen in den postinterventionellen Jahren reperfundiert werden und einer erneuten Therapie bedürfen, sodass die Patienten lange in medizinischer Nachkontrolle bleiben müssen.
- Das neurochirurgische **Clipping** ist mit einer durch die Trepanation bedingten höheren Invasivität und einem höheren perioperativen Risiko assoziiert. Der große Vorteil der chirurgischen Versorgung ist, dass ein einmal komplett verschlossenes Aneurysma dauerhaft therapiert ist und eine Reperfusion des Aneurysmas nach vollständigen Clipping eine Rarität darstellt.

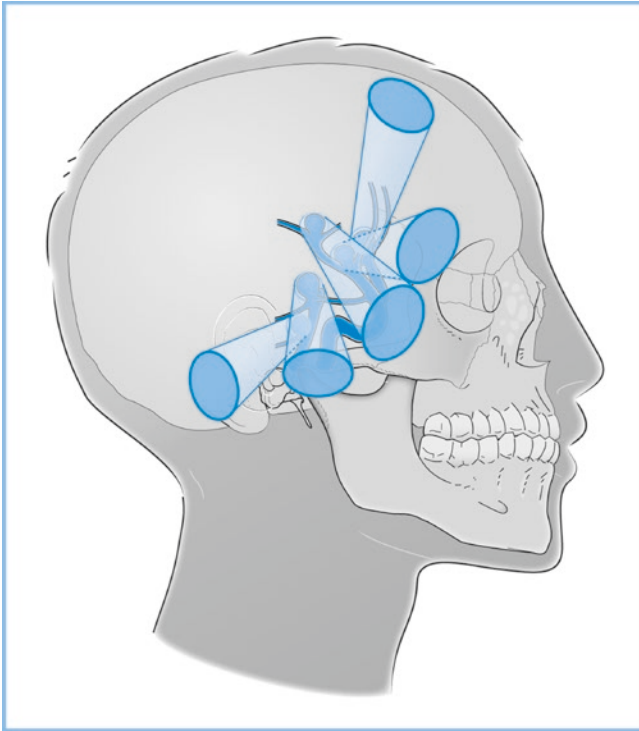
2.2.2.1 Aneurysmaclipping

Der gewählte operative Zugang zum Aneurysma hängt von der Lokalisation und der Konfiguration des Aneurysmas sowie entscheidend auch von der persönlichen Präferenz und Erfahrung des Operateurs ab. Häufig verwendet werden der frontolaterale subfrontale, der pterionale transfissurale, der subtemporale, der frontale interhemisphärielle und der subokzipitale retromastoidale Zugang (■ Abb. 2.2).

Der weit überwiegende Teil der Aneurysmen wird in Rückenlage operativ versorgt. Auf diese Lagerung und die damit

verbundenen Zugänge wird im Folgenden detailliert eingegangen. Die subokzipitale retromastoidale Kraniotomie wird hier nicht, dafür bei den Hirntumoren (► Kap. 1), berücksichtigt.

► Aufgrund des hohen Risikos einer intraoperativen Aneurysmaruptur und der damit verbundenen Blutung mit lebensbedrohlichen Konsequenzen ist eine optimale Vorbereitung der Operation von höchster Wichtigkeit.

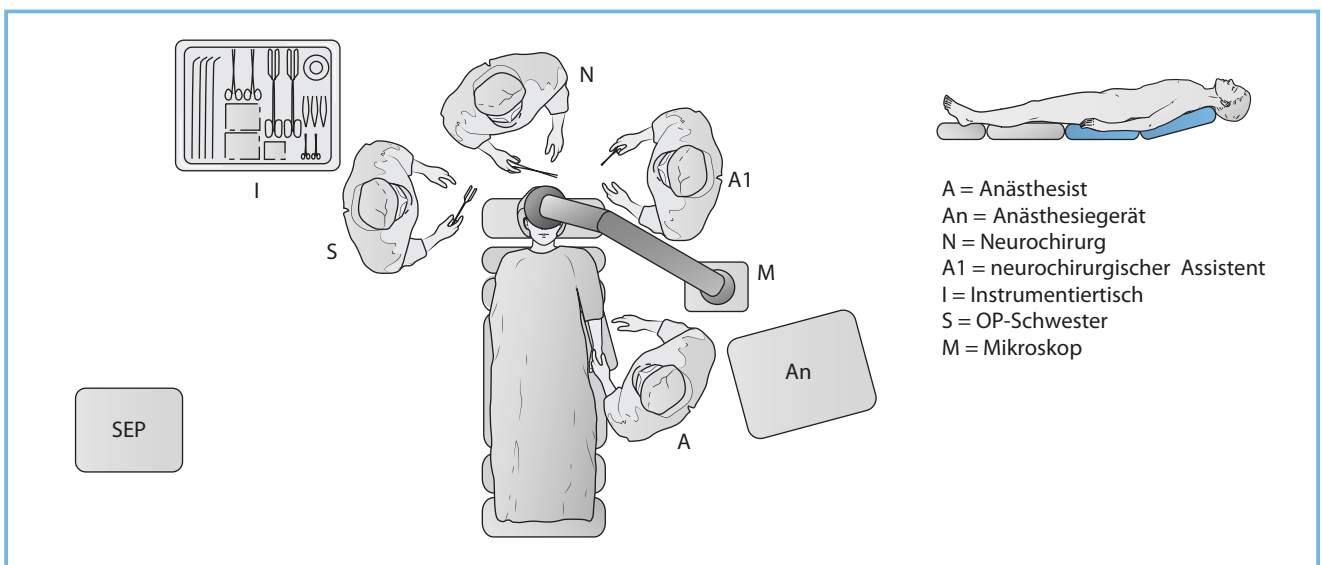


■ Abb. 2.2 Schematische Darstellung der häufigsten Zugänge und der über diese Zugänge versorgten Aneurysmen

In Rückenlage wird der Oberkörper leicht erhöht gelagert (etwa 20°) und der Kopf entsprechend gedreht, um einen optimalen direkten Zugang zum Aneurysma und seinem Trägergefäß zu erreichen. Wichtig ist zusätzlich zur Kopfdrehung und Oberkörperhochlagerung eine Überstreckung des Kopfs, um die notwendige Retraktion des Gehirns so gering wie möglich zu halten. Alle Operationen erfolgen unter scharfer Schädelifixierung (Mayfield-Klemme; ► Kap. 1). Stets sollte vor Eröffnung der Dura mater eine Auswahl geeigneter Aneurysmaclippis getroffen werden. Bei allen Operationen wird ein zweiter steriler Sauger vorbereitet, bei komplexen Aneurysmen oder zu erwartendem hohem Blutverlust zusätzlich ein Cell-Saver-Reservoir angeschlossen. Ein temporäres Gefäßclipping muss jederzeit erfolgen können. Mit Hilfe dieser Vorsichtsmaßnahmen kann der weit überwiegende Teil der intraoperativen Herausforderungen suffizient beherrscht werden, nur selten ist eine externe A.-carotis-Kompression oder extrakranielle Freilegung der A. carotis erforderlich.

Der häufig durch eine SAB verursachte Liquoraufstau wird ggf. durch die präoperative Anlage einer externen Ventrikel- oder Lumbaldrainage therapiert. Die Anordnung von Operateur, instrumentierendem Pflegepersonal und chirurgischem Assistenten muss allen Beteiligten jederzeit einen direkten Zugang zum Operationssitus gewährleisten (■ Abb. 2.3).

Nach Hautinzision, welche direkt über dem gewählten Zugang platziert wird (z. B. supraorbital → Augenbraue, temporal → hinter Stirnhaarsatz von präaurikulär bis zur Mittellinie, subtemporal → präaurikulär, interhemisphäriell → hinter Stirnhaarsatz bifrontal), erfolgen Kraniotomie und mikrochirurgische Duraeröffnung. Nach Entlastung des Hirndrucks durch Absaugen von Liquor wird ein selbsthaltender Retraktor eingesetzt und zunächst das Trägergefäß des Aneurysmas dargestellt. Es werden der Aneurysmahals und die Gefäßabgänge lokalisiert.



■ Abb. 2.3 Platzierung des Personals und Equipments für ein Aneurysma-Clipping