



Rolf F. Maier
Michael Obladen

Neugeborenen- intensivmedizin

Evidenz und Erfahrung
Unter Mitarbeit von Brigitte Stiller

9. Auflage

 Springer

Neugeborenenintensivmedizin

Rolf F. Maier
Michael Obladen

Neugeborenen- intensivmedizin

Evidenz und Erfahrung

9., überarbeitete Auflage

Mit 77 Abbildungen

Unter Mitarbeit von Brigitte Stiller

 Springer

Prof. Dr. Rolf F. Maier
Zentrum für Kinder- und Jugend-
medizin
Universitätsklinikum Marburg
Baldingerstraße
35043 Marburg
rolf.maier@med.uni-marburg.de

Prof. Dr. Michael Obladen
Klinik für Neonatologie
Augustenburger Platz 1
13353 Berlin
michael.obladen@charite.de

Prof. Dr. Brigitte Stiller
Klinik für Angeborene Herzfehler und Pädiatrische Kardiologie
Universitäts Herzzentrum Freiburg Bad Krozingen
Mathildenstraße 1
79106 Freiburg
brigitte.stiller@universitaets-herzzentrum.de

ISBN 978-3-662-53575-2

978-3-662-53576-9 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-53576-9

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 1978, 1979, 1984, 1989, 1995, 2002, 2006, 2011, 2017

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 Speicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

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

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.

Umschlaggestaltung: deblik Berlin
Fotonachweis/Umschlag: © deblik Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer ist Teil von Springer Nature
Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH Deutschland
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Vorwort zur 9. Auflage

Erneut wurde nach 5 Jahren eine vollständige Neubearbeitung des Buches nötig. Das kennzeichnet die weiterhin dynamische Entwicklung der Neonatologie, welche in fast allen Ländern Europas als Schwerpunkt der Kinderheilkunde etabliert ist. Trotz des exponentiellen Wissenszuwachses haben wir den Gesamtumfang des Werkes beibehalten. Inhalte, die inzwischen selbstverständlich geworden sind, haben wir in dieser Auflage weggelassen. Die Literaturverweise haben wir reduziert, indem wir dann, wenn eine Metaanalyse verfügbar war, auf Zitate einzelner Studien verzichtet sowie Literaturstellen, die älter als 10 Jahre sind, weitgehend weggelassen haben. Dafür ist dem Buch wieder eine Liste aktueller Standardwerke der Neonatologie und ihrer benachbarten Gebiete vorangestellt.

In dieser Auflage haben wir auf ein separates Kapitel »Chirurgische Probleme des Neugeborenen« verzichtet und stattdessen die Krankheitsbilder und Therapieoptionen in die entsprechenden anderen Kapitel integriert. Dabei haben wir voll Dankbarkeit und Respekt auf sehr anschauliche Abbildungen des verstorbenen Prof. Dr. Jürgen Waldschmidt, unseres wichtigen Co-Autors früherer Auflagen, zurückgegriffen.

Auch weiterhin möchte das Buch ärztliches und pflegerisches Personal im Kreißsaal und auf der Neugeborenenstation ansprechen. Der Untertitel »Evidenz und Erfahrung« zeigt, dass sich die Autoren wieder bemüht haben, ihre Therapievorschläge so gut wie möglich zu begründen, dass es aber nach wie vor für viele in der Neonatologie auftretenden Probleme eine gesicherte Behandlung im Sinne der *evidence based medicine* nicht gibt. In diesen Situationen sind Verständnis der Pathophysiologie und klinische Erfahrung weiterhin tragende Säulen. Das Dilemma illustriert eindrucksvoll die Unsicherheit bei der Oxygenierung für sehr unreife Frühgeborene: Randomisierte kontrollierte Multizenterstudien haben sehr widersprüchliche Ergebnisse hinsichtlich der Morbidität und Mortalität bei unterschiedlichen Sauerstoffsattigungsgrenzen gezeigt.

Wir haben die Evidenzstufen wie in den Voraufgaben folgendermaßen abgekürzt:

- E1a Metaanalyse aus mehreren randomisierten Studien
- E1b Einzelne randomisierte kontrollierte Studie

- E2a Gut geplante nicht randomisierte Studie
- E2b Gut geplante quasi experimentelle Studie
- E3 Nicht experimentelle Studie oder Kasuistik
- E4 Expertenmeinung oder Konsensuskonferenz.

Die Zahl der behandelten Fälle, nach der die Überlegenheit einer Therapieoption sichtbar wird, wurde mit NNT (»number needed to treat«) und die Zahl der behandelten Fälle, nach der mit einer zusätzlichen Komplikation zu rechnen ist, mit NNH (»number needed to harm«) angegeben. Da die Metaanalysen beim Erscheinen neuer Studien regelmäßig aktualisiert werden, wird dem Leser geraten, vor grundsätzlichen Änderungen der Klinikstandards die aktuelle Version der Cochrane Database zu konsultieren.

Die Autoren haben langjährig als Team zusammengearbeitet und hielten am Grundprinzip des Buches fest, nämlich Diagnostik und Behandlung auf *einer* Neugeborenenintensivstation so konkret wie möglich zu schildern. Dabei wissen wir, dass unser Weg nicht der einzig richtige sein kann.

Für zahlreiche mündliche und schriftliche Anregungen zur Verbesserung des Buches danken wir vielen Leserinnen und Lesern und unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in Berlin und Marburg. Besonderer Dank gilt Frau Pia Göbert für die kritische Durchsicht des Manuskriptes. Wir danken auch Frau Dr. Anna Krätz, Frau Ursula Illig und Herrn Axel Treiber vom Springer-Verlag für ihre Unterstützung bei der Realisierung dieses Buches.

Rolf F. Maier

Michael Obladen

Marburg und Berlin, im September 2016

Wichtiger Hinweis

Neugeborenenintensivmedizin als Wissenschaft ist ständig im Fluss. Forschung und klinische Erfahrung erweitern unsere Kenntnisse, insbesondere was Behandlung und Therapie betrifft. Autoren und Verlag haben größte Mühe darauf verwandt, Dosierungsanweisungen und Applikationsformen dem Wissensstand bei Fertigstellung des Manuskripts anzupassen. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen und unter Zuhilfenahme der Beipackzettel der verwendeten Präparate auf ihre Richtigkeit überprüft werden. Dies gilt insbesondere, wenn es sich um selten verwendete, neue oder nicht zugelassene Präparate handelt.

Über die Autoren



Prof. Dr. med. Rolf F. Maier

Studium an der Universität Ulm. Facharztweiterbildung in Aalen und Stuttgart. 1988 Wechsel an die Freie Universität Berlin. Leitender Oberarzt bei Prof. Obladen am Virchow-Klinikum der Charité. Dort 1995 Habilitation. Im Jahr 2002 Ruf an die Philipps-Universität Marburg, seit 2005 Direktor des Zentrums für Kinder- und Jugendmedizin am Universitätsklinikum Marburg. Mitglied der Ethikkommission am Marburger Fachbereich Medizin. Seit 2003 im Vorstand der Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin (GNPI), seit 2013 als Präsident. Seit 2003 im Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Perinatale Medizin (DGPM), 2007–2009 als Präsident. Forschungsschwerpunkte Frühgeborenenanämie, Versorgung von sehr unreifen Frühgeborenen in Europa.



Prof. Dr. med. Michael Obladen

Studium der Medizin und der Philosophie an den Universitäten Würzburg, Frankfurt und Heidelberg. Facharztweiterbildung und Habilitation in Heidelberg, Spezialisierung in San Diego, Oberarztstätigkeit in Tübingen und Bochum. 1985 Ruf nach Berlin, Leiter der Klinik für Neonatologie an der Freien Universität. 1995 Direktor der Klinik für Neonatologie am Virchow-Klinikum der Charité. 1989 1. Vorsitzender, ab 2007 Ehrenmitglied der Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin (GNPI). Forschungsschwerpunkt viele Jahre Surfactant-Substitution, derzeit Arbeit an einer Kulturgeschichte des Neugeborenen.



Frau Prof. Dr. med. Brigitte Stiller

Als Fachärztin Wechsel von Köln an das Deutsche Herzzentrum Berlin; dort Habilitation zum Thema Herzinsuffizienz und Kreislaufersatz im Kindesalter an der Charité. Seit 2001 leitende Oberärztin am Deutschen Herzzentrum Berlin, 2007 Ruf auf den Lehrstuhl für Kinderkardiologie an der Universitätsklinik Freiburg. Seither Leiterin der dortigen Klinik für angeborene Herzfehler und Mitglied der Freiburger Ethikkommission. 2014 als erste Frau zur Präsidentin der Deutschen Gesellschaft für pädiatrische Kardiologie (DGPK) gewählt; 2013 Kongresspräsidentin der Jahrestagung der DGPK. Forschungsschwerpunkte weiterhin Herzinsuffizienzbehandlung und mechanischer Kreislaufersatz.

Inhaltsverzeichnis

1	Normale und gestörte Adaptation	1
	<i>M. Obladen</i>	
1.1	Unreife	1
1.1.1	Probleme des sehr untergewichtigen Neugeborenen	1
1.1.2	Definitionen	1
1.1.3	Bestimmung des Gestationsalters	3
1.1.4	Probleme des Frühgeborenen	6
1.1.5	Probleme des hypotrophen Neugeborenen	8
1.2	Postnatale Zustandsdiagnostik	9
1.3	Geburtsasphyxie	10
1.4	Atmungsadaptation	10
1.5	Kreislaufadaptation	12
1.5.1	Überwachung von Puls- und Herzfrequenz	13
1.5.2	Herzfrequenzvarianz	14
1.5.3	Überwachung des arteriellen Blutdrucks	14
1.5.4	Zentraler Venendruck	15
1.6	Reanimation des Neugeborenen	15
1.6.1	Reanimation des Frühgeborenen	18
1.6.2	Reanimation bei Mekoniumaspiration	18
1.6.3	Reanimation bei weißer Asphyxie	18
1.6.4	Reanimation beim Hydrops fetalis	21
1.6.5	Besondere Reanimations-situationen	23
1.7	Thermoregulation	24
1.7.1	Wärmebildung – Wärmeverlust	24
1.7.2	Hypothermie	25
1.7.3	Wärmezufuhr	25
1.7.4	Hyperthermie	26
1.7.5	Thermoneutralpflege	26
1.7.6	Temperaturmonitoring	28
1.8	Überwachung des Neugeborenen: Weniger ist oft mehr	29
1.9	Minimal Handling	29
	Literatur	31
2	Ernährung	33
	<i>R. F. Maier</i>	
2.1	Ernährungsbedarf	33
2.1.1	Energie	33
2.1.2	Protein	34

2.1.3	Kohlenhydrate	34
2.1.4	Fett	35
2.1.5	Vitamine, Mineralien, Spurenelemente	35
2.2	Enterale Ernährung	37
2.2.1	Muttermilch bzw. Frauenmilch	37
2.2.2	Medikamentenübertritt in die Muttermilch	38
2.2.3	Muttermilchverstärker	38
2.2.4	Formulanahrung	39
2.2.5	Muttermilch für Frühgeborene?	40
2.3	Osteopenia praematurorum	40
2.4	Probiotika und Präbiotika	42
2.5	Ernährung von Frühgeborenen nach Entlassung	42
2.6	Nahrungsaufbau	43
2.6.1	Kranke Reifgeborene	43
2.6.2	Hypotrophe und hypertrophe Reifgeborene	43
2.6.3	Frühgeborene	43
2.6.4	Nasogastrische Sonde	47
2.7	Ernährungsdokumentation	48
2.8	Ergänzende parenterale Ernährung	48
2.9	Komplette parenterale Ernährung	52
2.10	Ergänzungen zur enteralen und parenteralen Ernährung ohne nachgewiesenen Effekt	53
	Literatur	54
3	Blutgasanalyse und Sauerstofftherapie	57
	<i>M. Obladen</i>	
3.1	Blutgasanalyse: Methodik	57
3.1.1	Probengewinnung	57
3.1.2	Kapillär	58
3.1.3	Arterienpunktion	58
3.1.4	Nabelarterienkatheter	58
3.1.5	Verweilkatheter in der A. radialis	61
3.2	Blutgasanalyse: Normalwerte beim Neugeborenen	61
3.3	Störungen des Säure-Basen-Haushalts	62
3.3.1	Medikamentöse Therapie	62
3.4	Sauerstoffdissoziation	64
3.5	Ursachen von Oxygenierungsstörungen	64
3.6	Indikation zur Sauerstofftherapie	66
3.7	Sauerstoffapplikation	67
3.8	Überwachung der Sauerstofftherapie	67
3.8.1	Arterielle Blutgasanalyse	67
3.8.2	Transkutane pO ₂ -Messung	68

3.8.3	Transkutane pCO ₂ -Messung	68
3.8.4	Pulsoxymetrie	69
3.9	Sauerstoffnebenwirkungen	70
3.9.1	Sauerstofftoxizität	70
3.9.2	Bronchopulmonale Dysplasie	70
3.9.3	Periventrikuläre Leukomalazie	70
3.10	Frühgeborenenretinopathie (ROP)	70
3.10.1	Epidemiologie	71
3.10.2	Prävention	72
3.10.3	Augenärztliche Untersuchung	73
3.10.4	Behandlung	73
	Literatur	74
4	Künstliche Beatmung	77
	<i>R. F. Maier</i>	
4.1	Atemphysiologie und Atemmechanik	77
4.2	Indikation zur künstlichen Beatmung	79
4.3	Nichtinvasive Atemhilfe	80
4.3.1	Nasaler kontinuierlicher positiver Atemwegsdruck (NCPAP)	80
4.3.2	Nasale intermittierende Positivdruckbeatmung (NIPPV)	82
4.3.3	High flow nasal cannula (HFNC)	83
4.4	Formen der künstlichen Beatmung	83
4.4.1	Intermittierende Positivdruckbeatmung (IPPV)	84
4.4.2	Intermittierend-mandatorische Ventilation (IMV)	84
4.4.3	Synchronisierte und assistierende Beatmung	85
4.4.4	Hochfrequenzoszillationsbeatmung (HFOV)	85
4.4.5	NO-Beatmung	87
4.5	Beutelbeatmung – Maskenbeatmung	87
4.6	Endotracheale Intubation	88
4.6.1	Vorbereitung	89
4.6.2	Prämedikation	89
4.6.3	Orotacheale Intubation	89
4.6.4	Nasotracheale Intubation	90
4.6.5	Lokalisationskontrolle des Tubus	91
4.6.6	Tubusfixierung	91
4.7	Steuerung der Beatmung	92
4.7.1	Initiale Respiratoreinstellung	92
4.7.2	Akute Verschlechterung am Respirator	93
4.7.3	Änderung von Beatmungsparametern und deren Auswirkung	94
4.7.4	Verbesserung der Oxygenierung	97
4.8	Beatmung nach Surfactantsubstitution	98

4.9	Beatmungsentwöhnung	99
4.10	Extubation	100
4.11	Beatmungskomplikationen	101
4.11.1	Hypoxie	101
4.11.2	Hyperoxie	101
4.11.3	Hypokapnie	101
4.11.4	Hyperkapnie	102
4.11.5	Tubusobstruktion	102
4.11.6	Tubusdislokation	103
4.11.7	Druckschädigung durch Tubus	104
4.11.8	Extraalveoläre Gasansammlungen	104
4.12	Pflege des beatmeten Neugeborenen	105
4.12.1	Überwachung	105
4.12.2	Absaugen des Trachealtubus	106
4.12.3	Anwärmen, Anfeuchten und Vernebeln des Atemgases	108
4.12.4	Physiotherapie	108
4.12.5	Lagerungsbehandlung	109
4.12.6	Hygienische Voraussetzungen	109
4.12.7	Erkennen technischer Fehler	109
	Literatur	110
5	Pulmonale Erkrankungen	115
	<i>M. Obladen</i>	
5.1	Differenzialdiagnose	115
5.2	Atemnotsyndrom (Surfactantmangel)	116
5.2.1	Epidemiologie und Pathophysiologie	116
5.2.2	Klinik: Symptomatik und Diagnostik	118
5.2.3	Symptomatische Therapie	118
5.2.4	Kausale Therapie: Surfactantsubstitution	120
5.2.5	Prävention und Prognose	121
5.3	Mekoniumaspirationssyndrom (MAS)	122
5.4	Flüssigkeitslunge	124
5.5	Pneumothorax	125
5.6	Bronchopulmonale Dysplasie (BPD)	130
	Literatur	135
6	Kardiale Erkrankungen	139
	<i>B. Stiller</i>	
6.1	Diagnostik	140
6.2	Myokarderkrankungen	143
6.2.1	Myokarditis	143
6.2.2	Kardiomyopathie	143

6.3	Gefäßbringe und Fisteln	145
6.4	Angeborene Herzfehler	145
6.4.1	Angeborene Herzfehler ohne Zyanose mit Obstruktion . . .	145
6.4.2	Angeborene Herzfehler ohne Zyanose mit Links-rechts-Shunt	149
6.4.3	Angeborene Herzfehler mit Zyanose	151
6.4.4	Perioperative Intensivversorgung	163
6.5	Herzinsuffizienz	164
6.5.1	Unterstützende Therapie bei Herzinsuffizienz	166
6.5.2	Kardiovaskuläre medikamentöse Therapie	167
6.5.3	Hypotension bei Früh- und Neugeborenen ohne Vitium cordis	172
6.5.4	Arterielle Hypertonie	174
6.6	Herzrhythmusstörungen	176
6.6.1	Supraventrikuläre Rhythmusstörungen	176
6.6.2	Sonstige Rhythmusstörungen	178
6.7	Ductus arteriosus	179
6.7.1	Ductus arteriosus bei duktusabhängigen Vitien	179
6.7.2	Persistierender Ductus arteriosus (PDA) des Frühgeborenen	181
6.8	Persistierende pulmonale Hypertension des Neugeborenen (PPHN)	186
6.9	Mechanische Kreislaufunterstützung	190
6.9.1	ECMO (extrakorporale Membranoxygenierung)	190
6.9.2	Kardiale Langzeitunterstützungssysteme	192
	Literatur	192
7	Magen-Darm-Erkrankungen	201
	<i>M. Obladen</i>	
7.1	Zwerchfelldefekt	201
7.1.1	Klinik	202
7.1.2	Diagnostik	202
7.1.3	Geburt	202
7.1.4	Operation	203
7.1.5	Beatmung	203
7.1.6	Extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO)	204
7.2	Ösophagusatresie	204
7.2.1	Häufigkeit und Formen	204
7.2.2	Klinik	204
7.2.3	Diagnostik	205
7.2.4	Transport und Operation	205
7.2.5	Postoperative Komplikationen	206
7.3	Bauchwanddefekte	206

7.3.1	Omphalozele	206
7.3.2	Gastroschisis	207
7.4	Ileus	208
7.4.1	Funktioneller (paralytischer) Ileus	208
7.4.2	Mechanischer Ileus	209
7.4.3	Strangulationsileus	209
7.4.4	Okklusionsileus	212
7.5.	Darmatresien	213
7.5.1	Duodenalatresie	213
7.5.2	Dünndarmatresie	213
7.5.3	Analatresie	214
7.6	Andere Ursachen der Darmobstruktion	215
7.6.1	Mekoniumileus.	215
7.6.2	Milchpfropfobstruktion	215
7.6.3	Mekoniumpfropfsyndrom	216
7.6.4	Morbus Hirschsprung	216
7.6.5	Malrotation	217
7.7	Nekrotisierende Enterokolitis (NEC)	218
7.7.1	Klinik	218
7.7.2	Stadien nach Walsh und Kliegman	218
7.7.3	Diagnostik.	220
7.7.4	Prävention.	221
7.7.5	Behandlung.	222
7.8	Peritonitis	222
7.8.1	Bakterielle Peritonitis	222
7.8.2	Mekoniumperitonitis	223
7.8.3	Fokale intestinale Perforation (FIP).	224
7.9	Raumfordernde Prozesse	225
7.9.1	Neuroblastom	226
7.9.2	Teratom	226
7.9.3	Zystisches Lymphangiom	227
7.9.4	Leistenhernie.	227
7.10	Operationsvorbereitung	227
7.10.1	Diagnostik des Grundleidens	228
7.10.2	Pflegerische Vorbereitungen	228
7.10.3	Elterngespräch	229
7.11	Narkose und intraoperative Überwachung	229
7.11.1	Voraussetzungen	229
7.11.2	Intraoperative Überwachung	230
7.11.3	Intraoperative Bluttransfusion	230
7.12	Postoperative Versorgung	231
7.12.1	Pflege und Hygiene	231

7.12.2	Postoperative Schmerztherapie	231
7.12.3	Ablaufsonden	232
7.12.4	Ernährungssonden	233
7.12.5	Schienungssonden	233
7.12.6	Künstliche Stomata	233
7.12.7	Wundversorgung	235
7.12.8	Drainagen	236
7.12.9	Stuhlgang	236
7.12.10	Postoperativer Nahrungsaufbau	237
	Literatur	237

8 Erkrankungen von Nieren und Urogenitalsystem . 241

R. F. Maier

8.1	Neonatale Nierenfunktion	241
8.2	Akutes Nierenversagen	243
8.2.1	Prärenales Nierenversagen	244
8.2.2	Renales Nierenversagen	245
8.2.3	Postrenales Nierenversagen	246
8.3	Peritonealdialyse	246
8.4	Diuretikatherapie	247
8.5	Harnwegsinfektionen	249
8.6	Nierenvenenthrombose	250
8.7	Konnatales nephrotisches Syndrom	252
8.8	Hyperprostaglandin-E-Syndrom (Antenatales Bartter-Syndrom)	253
8.9	Fehlbildungen und Verletzungen des Urogenitaltraktes	254
8.9.1	Oligohydramnie-Sequenz	254
8.9.2	Harntransportstörungen	254
8.9.3	Ureterabgangstenose	256
8.9.4	Megaureter	256
8.9.5	Vesikoureteraler Reflux (VUR)	256
8.9.6	Untere Harnwegsobstruktion	257
8.9.7	Urethralklappen	257
8.9.8	Prune-belly-Syndrom	258
8.9.9	Kryptorchismus	258
8.9.10	Blasenekstrophie	258
8.9.11	Hypospadie	259
8.9.12	Epispadie	260
8.9.13	Hydrokolpos	260
8.9.14	Ovarialzyste	261
8.9.15	Varianten der Geschlechtsentwicklung	262

8.9.16	Hodentorsion	263
8.9.17	Nebennierenblutung	263
	Literatur	264
9	Flüssigkeits- und Elektrolytbilanz	267
	<i>R. F. Maier</i>	
9.1	Flüssigkeitsbilanz	267
9.1.1	Insensibler Wasserverlust	267
9.1.2	Flüssigkeitsbedarf	268
9.2	Dehydratation	270
9.3	Ödeme	272
9.4	Elektrolytbedarf	272
9.5	Natrium	273
9.5.1	Hyponatriämie (<130 mmol/l)	273
9.5.2	Hypernatriämie (>150 mmol/l)	275
9.6	Kalium	275
9.6.1	Hypokaliämie (<3,6 mmol/l)	276
9.6.2	Hyperkaliämie (>6,0 mmol/l)	277
9.7	Calcium	279
9.7.1	Hypocalcämie (Serumcalcium <1,8 mmol/l bzw. ionisiertes Calcium <0,63 mmol/l)	279
9.7.2	Hypercalcämie (Serumcalcium >2,75 mmol/l bzw. ionisiertes Calcium >1,4 mmol/l)	280
9.8	Magnesium	281
9.8.1	Hypomagnesiämie (<0,6 mmol/l)	282
9.8.2	Hypermagnesiämie (>1,1 mmol/l)	283
9.9	Syndrom der inadäquaten ADH-Sekretion (SIADH)	283
	Literatur	284
10	Erkrankungen des Nervensystems	287
	<i>R. F. Maier</i>	
10.1	Neurologische Untersuchungstechniken	287
10.1.1	Neurologische Untersuchung des Neugeborenen	287
10.1.2	Ultraschalluntersuchung	290
10.1.3	Doppler-Sonografie	290
10.1.4	Magnetresonanztomografie (MRT)	290
10.1.5	Amplitudenintegriertes EEG (aEEG)	291
10.1.6	Akustisch evozierte Potenziale (AEP)	292
10.1.7	Near-infrared Spectroscopy (NIRS)	292
10.1.8	Lumbalpunktion	293
10.2	Fehl- und Neubildungen	294
10.2.1	Spina bifida	294

10.2.2	Konnataler Hydrozephalus	295
10.2.3	Vena-Galeni-Malformation (VGAM)	296
10.2.4	Neuroblastom	297
10.3	Neonatale Krampfanfälle	297
10.3.1	Häufigkeit und Ätiologie	297
10.3.2	Klinisches Bild	298
10.3.3	Diagnostik	299
10.3.4	Therapie	300
10.3.5	Prognose	301
10.4	Neonataler Drogenentzug	302
10.5	Rezidivierende Apnoen/Apnoe-Bradykardie-Syndrom . .	305
10.6	Intrakranielle Blutungen	308
10.6.1	Subdurale Blutungen	308
10.6.2	Subarachnoidale Blutung	309
10.6.3	Intraventrikuläre Blutung des reifen Neugeborenen	309
10.6.4	Intraventrikuläre Blutung und Parenchymblutung des Frühgeborenen	309
10.6.5	Posthämorrhagischer Hydrozephalus	313
10.7	Entstehung der perinatalen Gehirnschädigung	314
10.8	Periventrikuläre Leukomalazie des Frühgeborenen	315
10.9	Hypoxisch-ischämische Enzephalopathie (HIE)	315
10.9.1	Therapeutische Hypothermie	319
10.10	Neuroprotektion	321
10.11	Plötzlicher Kindstod /Monitorüberwachung zu Hause . .	321
	Literatur	323
11	Akute metabolische Entgleisungen	329
	<i>R. F. Maier</i>	
11.1	Hypoglykämie	329
11.2	Embryofetopathia diabetica	332
11.3	Konnataler Hyperinsulinismus	335
11.4	Hyperglykämie (Nüchtern-BZ >7 mmol/l = 126 mg/dl) . .	335
11.5	Akute angeborene Stoffwechselkrankheiten	336
11.5.1	Leitsymptome	338
11.5.2	Typische Laborkonstellationen	339
11.5.3	Notfalldiagnostik	339
11.5.4	Notfalltherapie	340
11.6	Stoffwechselscreening	341
	Literatur	342

12	Hämatologische Probleme	345
	<i>R. F. Maier</i>	
12.1	Referenzwerte	345
12.2	Neonatale Anämien	346
12.2.1	Frühgeborenenanämie	349
12.3	Erythrozytentransfusion	352
12.3.1	Transfusionsindikation	352
12.3.2	Transfusionsvolumen	353
12.3.3	Durchführung der Transfusion	354
12.3.4	Komplikationen bei Transfusionen	355
12.4	Polyzythämie	355
12.5	Koagulopathien	357
12.5.1	Angeborene Koagulopathien	357
12.5.2	Erworbene Koagulopathien	360
12.5.3	Verbrauchskoagulopathie	361
12.6	Gefäßthrombosen/Thrombophilie	362
12.7	Neonatale Thrombozytopenie	363
12.7.1	Fetale und neonatale Alloimmunthrombozytopenie (FNAIT)	364
12.7.2	Neonatale Autoimmunthrombozytopenie (AITP)	365
12.7.3	Indikation für Thrombozytentransfusion	365
12.8	Infantile Hämangiome	366
	Literatur	367
13	Hyperbilirubinämie und Morbus haemolyticus neonatorum	371
	<i>R. F. Maier</i>	
13.1	Definition und Häufigkeit	371
13.2	Physiologie und Pathophysiologie	371
13.2.1	Bilirubinstoffwechsel	371
13.2.2	Bilirubinenzephalopathie	373
13.3	Differenzialdiagnose und diagnostisches Vorgehen bei Hyperbilirubinämie	375
13.4	Interventionsgrenzen	376
13.5	Nichthämolytischer Ikterus	376
13.5.1	Reife Neugeborene	376
13.5.2	Frühgeborene	377
13.6	Morbus haemolyticus neonatorum	378
13.6.1	Rhesusinkompatibilität	378
13.6.2	AB0-Inkompatibilität	380
13.6.3	Resorptionsikterus	381
13.7	Blutaustauschtransfusion	381
13.7.1	Wahl des Austauschblutes	381

13.7.2	Nabelvenenkatheterung	381
13.7.3	Durchführung des Blutaustausches	384
13.7.4	Nebenwirkungen und Gefahren	386
13.8	Fototherapie	387
13.8.1	Wirkungsmechanismus	387
13.8.2	Indikationen	387
13.8.3	Kontraindikationen	387
13.8.4	Diagnostik	387
13.8.5	Durchführung	388
13.8.6	Nebenwirkungen und Risiken	388
13.8.7	Überwachung	389
13.9	Hepatozellulärer/cholestatischer Ikterus	389
13.9.1	Pathophysiologie	389
13.9.2	Ursachen/Differenzialdiagnose	389
13.9.3	Diagnostik	391
13.9.4	Behandlung	391
13.9.5	Extrahepatische Gallengangsatresie	392
	Literatur	392
14	Infektionen	395
	<i>M. Obladen</i>	
14.1	Immunstatus und Infektabwehr	395
14.2	Diagnostik bei Infektionsverdacht	395
14.3	Vertikale Infektionen	397
14.4	B-Streptokokkeninfektion	398
14.5	Sepsis	399
14.5.1	Prädisponierende Faktoren	399
14.5.2	Klinik	399
14.5.3	Therapie	400
14.6	Meningitis	401
14.7	RSV-Infektion	402
14.8	CMV-Infektion	403
14.9	HIV-Exposition	404
14.10	Hepatitis-B-Exposition	405
14.11	Toxoplasmose	405
14.12	Candidiasis	406
14.13	Nosokomiale Infektionen	407
	Literatur	410

15	Qualitätssicherung, Regionalisierung, Ergebnisse	415
	<i>R. F. Maier</i>	
15.1	Maßnahmen und Organisation der Qualitätssicherung	415
15.2	Regionalisierung	415
15.3	Transport	416
15.3.1	Mütterlicher Transport	416
15.3.2	Neonataler Transport	417
15.3.3	Organisation und Durchführung des Transports	419
15.3.4	Mobile Intensivbehandlungseinheit und Notfallkoffer	419
15.3.5	Hubschraubertransport	421
15.3.6	Rücktransport	422
15.4	Strukturvorgaben	422
15.4.1	Mindestmengen	422
15.4.2	Personelle Voraussetzungen	422
15.4.3	Qualifikation und Einarbeitung	423
15.5	Wirtschaftlichkeit	424
15.5.1	Kosten der Neugeborenenintensivmedizin	424
15.5.2	Verweildauer und Wiederaufnahmerate	424
15.5.3	Volkswirtschaftliche Bedeutung	424
15.6	Neugeborenensterblichkeit	425
15.6.1	Mortalitätsdefinitionen	425
15.6.2	Internationaler Vergleich	425
15.6.3	Situation in Deutschland	425
15.6.4	Letalität	429
15.7	Zeitliche Trends in der Prognose von sehr kleinen Frühgeborenen	429
15.8	Überlebensrate von sehr kleinen Frühgeborenen	430
15.9	Morbidität bei sehr kleinen Frühgeborenen	430
15.10	Langzeitprognose von Frühgeborenen	433
15.10.1	Motorische und intellektuelle Entwicklung	433
15.10.2	Hörstörungen	434
15.10.3	Sehstörungen	435
15.10.4	Wachstum	436
15.11	Nachuntersuchung	436
15.12	Förderprogramme	436
	Literatur	437
16	Grenzen der Neugeborenenintensivmedizin	443
	<i>M. Obladen</i>	
16.1	Grenzfragen	443
16.2	Philosophisch-ethische Orientierungshilfen	443
16.3	Religiös-christliche Orientierungshilfen	444

16.4	Juristisch-historische Orientierungshilfen	445
16.5	Ökonomische Rahmenbedingungen	445
16.6	Gibt es eine biologische Grenze, an der die Erhaltung des Lebens Frühgeborener scheitert?	446
16.7	Sollte jedes Neugeborene nach der Geburt reanimiert werden?	447
16.8	Ist ein Behandlungsabbruch bei Neugeborenen mit klarer Diagnose und äußerst schlechter Prognose gerechtfertigt?	448
16.9	Ist das Beenden einer künstlichen Beatmung aktive Sterbehilfe?	449
16.10	Iatrogene Katastrophen in der Neonatologie	450
	Literatur	451
17	Elternbegleitung	453
	<i>M. Obladen</i>	
17.1	Reaktion der Eltern auf die Geburt eines frühgeborenen oder kranken Kindes	453
17.2	Folgen einer langfristigen Trennung von Mutter und Kind	454
17.3	Aufgaben der Eltern auf der Intensivstation	454
17.4	Information der Eltern	455
17.5	Pränatales Konsil	456
17.6	Konflikt mit Eltern	456
17.7	Eltern und Behandlungsbegrenzung	458
17.8	Gespräche beim Tod eines Kindes	458
17.9	Entlassung	459
17.10	Die Atmosphäre der Intensivstation	460
	Literatur	460
18	Pharmakotherapie des Neugeborenen	463
	<i>R. F. Maier</i>	
18.1	Pharmakokinetik und Pharmakodynamik	463
18.2	Verordnung	465
18.3	Applikation	465
18.4	Steuerung und Überwachung	466
18.5	Analgesie, Sedierung, Relaxierung	468
18.5.1	Schmerzerkennung	468
18.5.2	Schmerzreduktion	468
18.5.3	Sedierung	471
18.5.4	Relaxierung	472
18.6	Gentamicin-Behandlung	472

18.7	Zentralvenöse Katheter bei Früh- und Reifgeborenen . . .	473
18.8	Zulassung von Medikamenten für Früh- und Reifgeborene	475
18.9	Erprobung neuer Behandlungsverfahren bei Neugeborenen	476
18.10	Dosierungsempfehlungen	477
	Literatur	492
	Serviceeteil	497
	Anhang	498
	Stichwortverzeichnis	501

Abkürzungsverzeichnis

AaDO₂	alveolär-arterielle Sauerstoffdifferenz
aEEG	amplitudenintegriertes EEG
AEP	akustisch evozierte Potentiale
AGS	adrenogenitales Syndrom
AS	Aortenstenose
ASD	Vorhofseptumdefekt
AV	atrioventrikulär
AVDO₂	arteriovenöse Sauerstoffdifferenz
AZV	Atemzugvolumen
BGA	Blutgasanalyse
BPD	bronchopulmonale Dysplasie
C	Compliance
CFM	cerebral function monitoring
CMV	Zytomegalievirus
CPAP	kontinuierlicher positiver Atemwegsdruck
CTG	Kardiotokogramm
ECMO	extrakorporale Membranoxygenierung
ED	Einzeldosis
EKG	Elektrokardiogramm
ELBW	extrem untergewichtiges Neugeborenes (<1000 g)
EPO	Erythropoetin
f	Frequenz
FG	Frühgeborenes
FiO₂	O ₂ -Konzentration in der Einatemluft
FNAIT	fetale und neonatale Alloimmunthrombozytopenie
G-BA	Gemeinsamer Bundesausschuss
GFR	glomeruläre Filtrationsrate
GG	Geburtsgewicht
HFOV	Hochfrequenzoszillationsbeatmung
HIE	hypoxisch-ischämische Enzephalopathie
HIV	humanes Immundefizienz-Virus
HLHS	hypoplastisches Linksherzsyndrom
HMV	Herzminutenvolumen
HWZ	Halbwertszeit
HZV	Herzzeitvolumen

I/E	Atemzeitverhältnis Inspirationszeit zu Expirationszeit
IMV	intermittierend-mandatorische Beatmung
iNO	inhalatives Stickstoffmonoxid
IPPV	intermittierende Positivdruckbeatmung
IQTIG	Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen
ISTA	Aortenisthmusstenose
IVH	intraventrikuläre Blutung
KISS	Krankenhaus Infektions-Surveillance System
LA	linker Vorhof
LA/Ao	Größenverhältnis des linken Vorhofes zur Aorta
LT	Lebenstag
LUTO	lower urinary tract obstruction
LV	linker Ventrikel
MAD	mittlerer arterieller Druck
MAP	mittlerer Atemwegsdruck
MAS	Mekoniumaspirationssyndrom
MCU	Miktionszystourethrografie
MRT	Magnetresonanztomografie
NAK	Nabelarterienkatheter
NApH	Nabelarterien-pH
NCPAP	nasaler kontinuierlich positiver Atemwegsdruck
NEC	nekrotisierende Enterokolitis
NIRS	Nahinfrarotspektroskopie
NIPPV	nasale intermittierende Positivdruckbeatmung
NNH	number needed to harm
NNT	Number needed to treat
NVK	Nabelvenenkatheter
OI	Oxygenationsindex
OR	Odds Ratio
p	Druck
PA	Pulmonalatresie
PDA	persistierender Ductus arteriosus
PEEP	positiv-endexpiratorischer Druck
P_{insp}	Inspirationsdruck
PPHN	persistierende pulmonale Hypertension des Neugeborenen
PS	Pulmonalstenose
PV	Pulmonalvenen
PVL	periventrikuläre Leukomalazie

R	Resistance
RA	rechter Vorhof
RDS	Atemnotsyndrom des Neugeborenen
RG	Reifgeborenes
rhEPO	rekombinantes humanes Erythropoetin
ROP	Frühgeborenenretinopathie
RSV	respiratory syncytial virus
RV	rechter Ventrikel
SaO₂	arterielle Sauerstoffsättigung
SIDS	plötzlicher Kindstod
SpO₂	periphere Sauerstoffsättigung
SSW	Schwangerschaftswoche(n)
SVT	supraventrikuläre Tachykardie
TA	Trikuspidalatresie
TAC	Truncus arteriosus communis
TAPVC	totale Lungenvenenfehlmündung
tcpCO₂	transkutaner Kohlendioxidpartialdruck
tcpO₂	transkutaner Sauerstoffpartialdruck
t_{exp}	Expirationszeit
t_{insp}	Inspirationszeit
TGA	Transposition der großen Arterien
TOF	Fallotsche Tetralogie
TORCH	Toxoplasmose, Röteln, Zytomegalie, Herpes
VEGF	vaskulärer endothelialer Wachstumsfaktor
VGAM	Vena-Galeni-Malformation
VLBW	sehr untergewichtiges Neugeborenes (<1.500 g)
VSD	Ventrikelseptumdefekt
VUR	vesikoureteraler Reflux
ZVD	Zentralvenendruck
ZVK	zentraler Venenkatheter
ZVS	zentralvenöse O ₂ -Sättigung

Standardwerke der Neonatologie

■ Physiologie und Pathophysiologie des Neugeborenen

MacDonald MG, Seshia MMK (eds) (2016) *Avery's Neonatology. Pathophysiology and Management of the Newborn*. 7th ed. Wolters Kluwer

Polin RA, Abman SH, Rowitch D, Benitz WE, Fox WW (eds) (2016) *Fetal and Neonatal Physiology*. 5th ed. Elsevier

■ Lehrbücher

Martin RJ, Fanaroff AA, Walsh MC (eds) (2014) *Fanaroff and Martin's Neonatal-Perinatal Medicine. Diseases of the Fetus and Infant*. 10th ed. Elsevier

Fanaroff AA, Fanaroff JM (eds) (2012) *Klaus and Fanaroff's Care of the High Risk Neonate*. 6th ed. Elsevier

Rennie JM (ed) (2012) *Rennie & Robertson's Textbook of Neonatology*. 5th ed. Churchill, Livingstone

Gleason CA, Devaskar SU (eds) (2012) *Avery's Diseases of the Newborn*. 9th ed. Elsevier

■ Datenbanken

Pubmed: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>

Cochrane Library: <http://www.cochranelibrary.com/>

OMIM: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/omim/>

AWMF: <http://www.awmf.org/leitlinien/aktuelle-leitlinien.html>

■ Monographien

Benirschke K, Burton GJ, Baergen RN (eds) (2012) *Pathology of the Human Placenta*. 6th ed. Springer

Briggs GG, Freeman RK (2014) *Drugs in Pregnancy and Lactation. A Reference Guide to Fetal and Neonatal Risk*. 10th ed. Wolters Kluwer

Gilbert-Barness, E, Debich-Spicer D (eds) (2004) *Embryo and Fetal Pathology: Color Atlas with Ultrasound Correlation*. Cambridge University Press

Graham JM Jr, Sanchez-Lara PA (2015) *Smith's Recognizable Patterns of Human Deformation*. 4th ed. Elsevier, Amsterdam

Hellstrom-Westas L, de Vries LS, Rosen I (2008) *An Atlas of Amplitude-Integrated EEGs in the Newborn*. 2nd ed. Informa Healthcare

Holcomb GW III, Murphy JP, Ostlie DJ (eds) (2014) *Ashcroft's Pediatric Surgery*. 6th ed. Saunders, Philadelphia

Jones KL, Jones MC, Casanelles MDC (eds) (2013) *Smith's Recognizable Patterns of Human Malformation*. 7th ed. Elsevier

Goldsmith JP, Karotkin EH, Gautham Suresh, Martin Keszler (2016) *Assisted Ventilation of the Neonate. An Evidence-Based Approach to Newborn Respiratory Care*. 6th ed. Elsevier

- Kirpalani H, Epelman M, Mernagh JR (eds) (2011) *Imaging of the Newborn*. 2nd ed. Cambridge
- Louis G, Keith LG, Papiernik E, Keith DM, Luke B (2005) *Multiple Pregnancy*. 2nd ed. Taylor & Francis
- MacDonald MG, Ramasethu J, Rais-Bahrami K (eds) (2013) *Atlas of procedures in neonatology*, 5th ed. Wolters Kluwer
- Orkin SH, Nathan DG, Ginsburg D, Look AT, Fisher DE, Lux S (2015) *Nathan and Oski's Hematology and Oncology of Infancy and Childhood*. 8th ed. Elsevier
- Volpe J (2008) *Neurology of the Newborn*, 5th ed. Saunders
- Wilson CB, Nizet V, Maldonado Y, Remington JS (eds) (2015) *Remington and Klein's Infectious Diseases of the Fetus and Newborn Infant*, 8th ed. Elsevier
- Yaffe SJ, Aranda JV (2010) *Neonatal and Pediatric Pharmacology: Therapeutic Principles in Practice*. 4th ed. Wolters Kluwer

Normale und gestörte Adaptation

M. Obladen

R. F. Maier, M. Obladen, *Neugeborenenintensivmedizin*,
DOI 10.1007/978-3-662-53576-9_1,
© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2017

Unmittelbar nach der Geburt müssen sich alle wichtigen Vitalfunktionen des Kindes umstellen: Es besteht keine Verbindung mehr zu Eihäuten und Plazenta, die bislang Isolierung, Ernährung, Ausscheidung und Gasaustausch gewährleistet haben. Der im Wasser lebende Fetus wird zum Luft atmenden Neugeborenen und muss für Atmung, Kreislauf, Wärmeregulation, Ernährung, Stoffwechsel, Ausscheidung und Infektabwehr selbst sorgen. Die Umstellungsvorgänge sind nach der Geburt leicht störfähig, besonders bei unreifen Kindern.

1.1 Unreife

1.1.1 Probleme des sehr untergewichtigen Neugeborenen

Nur jedes hundertste Neugeborene kommt mit einem Gewicht <1.500 g oder mit einer Reife von <30 SSW zur Welt. Zwischen 24 und 28 SSW steigt mit jedem Tag die Überlebenschance um 2% bzw. mit jeder Woche um 10%.

1.1.2 Definitionen

Neugeborenenperiode 1.–28. Lebenstag (frühe Neugeborenenperiode: 1.–7. Lebenstag, späte Neugeborenenperiode: 8.–28. Lebenstag).

Geburtsgewicht Ohne Berücksichtigung der Reife wird nach dem Geburtsgewicht eingeteilt in:

- Untergewichtige Neugeborene (»low birth weight infants«): Geburtsgewicht <2.500 g. Je nach Region und Ethnie 5–15 % der Lebendgeborenen.
- Sehr untergewichtige Neugeborene (VLBW, »very low birth weight infants«): Geburtsgewicht <1.500 g. Je nach Population 0,8–1,5 % der Lebendgeborenen, jedoch bis zu 65 % der in der Neonatalperiode verstorbenen Kinder.
- Extrem untergewichtige Neugeborene (ELBW, »extremely low birth weight infants«): Geburtsgewicht <1.000 g. Etwa 0,3–0,6 % der Lebendgeborenen, aber 50 % der in der Neonatalperiode Verstorbenen. In Deutschland müssen seit 1994 Kinder mit einem Geburtsgewicht von 500 g und mehr gemeldet und beurkundet werden.

Gestationsalter Zeit gerechnet vom 1. Tag der letzten normalen Periode. Normal sind ca. 280 Tage. Rechnerische und klinische Bestimmung des Gestationsalters haben eine Treffsicherheit von je ± 2 Wochen.

Reife Kann infolge unterschiedlicher Enzyminduktion erheblich vom Gestationsalter abweichen (Retardierung, Akzeleration).

Frühgeborenes Gestationsalter <259 Tage (<37 vollendete Wochen).

Reifes Neugeborenes Gestationsalter 259–293 Tage (vollendete 37 bis <42 Wochen).

Übertragenes Neugeborenes Gestationsalter >293 Tage (42 Wochen oder mehr).

Aus dem Verhältnis zwischen Gestationsalter und Geburtsgewicht werden definiert:

- eutroph: Kinder mit einem Geburtsgewicht zwischen der 10. und 90. Perzentile
- hypotroph: Kinder mit einem Geburtsgewicht <10. Perzentile
- hypertroph: Kinder mit einem Geburtsgewicht >90. Perzentile

1.1.3 Bestimmung des Gestationsalters

Am zuverlässigsten sind die klinischen Kriterien nach Finnstrom [7] (■ Tab. 1.1, ■ Tab. 1.2).

■ Tab. 1.1 Berechnung des Gestationsalters [7]

Gesamtpunkte (7 Kriterien)	Schwangerschaftsdauer	
	Tage	Wochen + Tage
7	191	27+2
8	198	28+2
9	204	29+1
10	211	30+1
11	217	31
12	224	32
13	230	32+6
14	237	33+6
15	243	34+5
16	250	35+5
17	256	36+4
18	263	37+4
19	269	38+3
20	276	39+3
21	282	40+2
22	289	41+2
23	295	42+1