

11 Anästhesie bei speziellen Operationen

11.1 Abdominalchirurgie

Das Ergebnis abdominalchirurgischer Eingriffe wird weitgehend von einer ausreichenden Splanchnikusdurchblutung bestimmt. Sie beansprucht etwa 25% des HZV und 25% des Blutvolumens. Einschränkungen der Splanchnikusdurchblutung können z. B. für Wundheilungsstörungen und Anastomoseinsuffizienzen verantwortlich sein. Als Ursachen einer Reduktion der Splanchnikusdurchblutung sind zu diskutieren: der Abfall des HZV infolge Blutverlust oder Herzinsuffizienz, die Stimulation der α -Rezeptoren oder die Blockade der β -Rezeptoren. Des Weiteren ist der Einfluß der im Rahmen der Anästhesie verwendeten Medikamente auf die intestinale kontraktile Motilität zu berücksichtigen. Opioide sowie Spinal- und Periduralanästhesie steigern die kontraktile Motilität, während Inhalationsnarkotika die Motilität des Intestinums mindern. Bei allen abdominalchirurgischen Eingriffen bildet die optimale Muskelrelaxation eine wesentliche Voraussetzung des Operationserfolgs [52, 252, 341, 461].

11.1.1 Operationsvorbereitung

Neben den allgemein üblichen Vorbereitungsmaßnahmen (z. B. Bereitstellung von Transfusionsblut, Schaffung zuverlässiger Infusionswege, EKG-Monitoring, Ausgleich evtl. bestehender Volumendefizite) ist bei Abdominaloperationen in der Regel das Einbringen einer Magensonde und die präoperative Entleerung des Magen-Darm-Trakts erforderlich.

Die Prämedikation entspricht den allgemein gültigen Regeln. Bei Divertikulitis und bei Cholezystopathie sollten Opioide zurückhaltend verwendet werden [394].

11.1.2 Anästhesieverfahren

Wenngleich operative Eingriffe im Bereich des Abdomens sowohl in Allgemein- als auch in Regionalanästhesie durchgeführt werden können, sprechen viele Gründe für eine bevorzugte Anwendung der Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation. Bei Eingriffen mit einer voraussichtlichen Operationszeit von weniger als 30 min kann auch eine Maskennarkose eingesetzt werden; es sei denn, andere Gründe sprechen dagegen (z. B. fehlende Nahrungskarenz). Bei Maskennarkosen kann zur leichteren Durchführung des Peritoneal- und Faszienverschlusses oder zur optimalen Muskelentspannung eine geringe Dosis von dMR (0,3–0,5 mg/kg KG) appliziert werden. Für eine adäquate künstliche Beatmung mit dem Atembeu-

tel über eine dichtsitzende Maske ist jedoch Sorge zu tragen. Zur Narkoseeinleitung sind die üblichen intravenösen Narkotika (z. B. Thiopental, Methohexital, Etomidate) geeignet. Bei vollem Magen ist die Methode der sog. „Sturzeinleitung“ (s. 5.2.4.2) anzuwenden. Für die Aufrechterhaltung der Narkose können Inhalationsnarkotika (z. B. Halothan, Enfluran, Isofluran) oder intravenöse Narkotika (z. B. Fentanyl) eingesetzt werden. Beim Ileus mit ausgeprägter Gasansammlung im Intestinum sollte N₂O mit Zurückhaltung verwendet werden [317]. Beim Einsatz von Muskelrelaxanzien ist zu beachten, daß die Aufhebung ihrer Wirkung durch Neostigmin erst nach Vorgabe von Atropin (ausreichende Dosierung bei Anstieg der Herzfrequenz) erfolgen sollte. Der motilitätssteigernde Effekt des Neostigmins könnte u. U. die Suffizienz der Darmanastomose gefährden [47]. Grundsätzlich sollte Neostigmin erst nach erkennbarer Eigenmotilität der Muskulatur appliziert werden. Eine verlängerte Wirkung der MR kann nach intraperitonealer Gabe von Antibiotika eintreten [407]. Die Extubation sollte nach abdominalchirurgischen Eingriffen unter Bedingungen erfolgen, die eine Schädigung des Bauchwandverschlusses (z. B. durch Husten oder Pressen) ausschließen.

11.1.3 Operationsspezifische Besonderheiten

Im Rahmen der Abdominalchirurgie werden vorwiegend operative Eingriffe an Magen, Duodenum, den anderen Dünn- und Dickdarmabschnitten, Leber- und Gallenblase, Milz und Pankreas, sowie bei den verschiedenen Formen von Hernien durchgeführt. Mit Ausnahme von Herniotomien erfordern fast alle abdominalchirurgischen Eingriffe die Allgemeinanästhesie. Dabei bildet die kontinuierlich garantierte Muskeler schlaffung eine wesentliche Voraussetzung für den Operationserfolg.

11.1.3.1 Magen-Darm-Operationen

Resektionen nach Billroth (BI, BII), selektive proximale Vagotomien (SPV), Gastroenterostomien (GE), Gastrotomien, Übernähungen, Pyloroplastiken, Fundoplikationen, sowie Dünndarm-, Ileozökal- und Transversumresektionen bilden mit Operationszeiten von 1–2 h und relativ geringen Blutverlusten in der Regel Eingriffe mit geringem Risiko. Risikoreicher sind die längerdauernden und mit größeren Blutverlusten einhergehenden Gastrektomien, Hemikolektomien und Rektumamputationen. Auch die operative Behandlung eines Ileus kann – insbesondere im fortgeschrittenen Stadium – erhebliche anästhesiologische Probleme aufwerfen.

Anästhesieverfahren. Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation, Inhalationsnarkotika oder Analgetikasupplementierung sowie gute Muskelrelaxation ist zu empfehlen. Obwohl Anticholinesterasemedikation den intraluminalen Druck im Gastrointestinaltrakt erhöht, besteht keine Veranlassung, sie nicht zu geben, da auch stärkere Drucksteigerungen in der Regel keine Beschädigung der chirurgischen Nähte verursachen können.

Besonderheiten. Bei entzündlichen Darmerkrankungen ist eine präoperative Kontrolle des Elektrolyt- und Wasserhaushalts und der Ausschluß von Anämie, Leberschäden und anderen Homöostastörungen erforderlich. Eine chronische Kortikoidtherapie (z. B. bei Morbus Crohn) muß berücksichtigt werden. Beim Karzinoidsyndrom (Bronchokonstriktion, Arrhythmie, Abdominalschmerz, Hautrötung, Diarrhö) ist eine Vorbehandlung mit H₁- und H₂-Rezeptorblockern anzuraten. In die-

sen Fällen sollte kein Morphin verwendet werden, weil dies die Freisetzung von Serotonin und Histamin begünstigt. Droperidol kann eine leichte Antiserotoninwirkung zeigen. Blutdruckabfälle sollten nach Möglichkeit nicht durch Katecholamine beseitigt werden, da dies eine Freisetzung von Kallikrein bewirken kann. Bei ausgedehnten Operationen sind mindestens zwei zuverlässige Infusionswege, erweitertes Monitoring (ZVD, evtl. PAP) und adäquate Volumensubstitution einzusetzen.

11.1.3.2 Leber- und Gallenblasenoperationen

Cholezystektomien und Choledochusrevisionen sind die häufigsten operativen Eingriffe im Bereich der Gallenblase und der Gallenwege, sie verlaufen in der Regel problemlos. Demgegenüber stellen Leberteileresektionen und häufig auch Leberübernähungen ausgedehnte Operationen dar, bei denen stets das Risiko des großen Blutverlustes besteht.

Anästhesieverfahren. Bei der Auswahl der Medikamente ist v. a. ihr Einfluß auf den Druck in den Gallenwegen zu beachten. Morphin und Pentazocin erzeugen eine Choledochushypertension, Fentanyl erhöht den Tonus des choledochoduodenalen Sphinkters. Somit sind Inhalationsnarkotika bei diesen Eingriffen bevorzugt geeignet. Die Anästhesie sollte als endotracheale Intubationsnarkose mit guter Muskelrelaxierung erfolgen. Ein durch Narkotika ausgelöster Spasmus des choledochoduodenalen Sphinkters kann durch Glukagon (1–2 mg) aufgehoben werden. Glukagon sollte jedoch nicht bei Patienten mit Insulinom oder Phäochromozytom verwendet werden.

Besonderheiten. Bei Operationen an der Leber mehrere zuverlässige Infusionswege, erweitertes Monitoring (ZVD, evtl. PAP), ausreichende Mengen vorgekreuzten Blutes. Bei Ikterus kein Halothan, Kontrolle des Gerinnungsstatus, evtl. Vitamin-K-Substitution. Der normale Pfortaderdruck beträgt < 25 cm H₂O mit einem Mittelwert um 21,5 cm H₂O.

11.1.3.3 Milz- und Pankreasoperationen

Operative Eingriffe an der Milz (Exstirpation oder Klébung) gehen häufig mit dem Risiko des schweren Blutverlustes einher. Pankreatektomien (Duodenocephalopankreatektomie (Op. nach Whipple) und totale Duodenopankreatektomie) erfordern außergewöhnlich lange Operationszeiten (> 5 h).

Anästhesieverfahren. Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation, Inhalationsnarkose oder Analgetikasupplementierung.

Besonderheiten. Erweitertes Monitoring (ZVD, evtl. PAP), bei Pankreatektomie zusätzlich Temperaturmessung), mehrere zuverlässige Infusionswege. Wiederholte Blutgasanalyse und Blutzuckerkontrolle. Bei Milzrupturen hoher Bedarf an Transfusionsblut. Chronische Pankreaserkrankungen entstehen oft auf dem Boden eines Alkoholabusus, so daß die Leberfunktion sorgfältig überprüft werden sollte.

11.1.3.4 Herniotomien, Appendektomie

Bauchdeckenhernien (Leisten-, Schenkel-, Nabel-, Narbenhernien) zählen ebenso wie die Appendektomien zu den kleineren operativen Eingriffen der Abdominalchirurgie. Lediglich Zwerchfellbrüche und paraösophageale Hernien sind als ausgedehnte Operationen zu betrachten, die hinsichtlich der anästhesiologischen Maßnahmen mit Magenoperationen verglichen werden können.

Anästhesieverfahren. Bauchdeckenhernien können sowohl in Regionalanästhesie (Infiltration durch Operateur), als auch in Allgemeinanästhesie durchgeführt werden. Die Appendektomie erfordert eine Allgemeinanästhesie. Die Allgemeinanästhesie kann in Maskennarkose oder mit endotrachealer Intubation erfolgen. Wegen der Kürze der Eingriffe sind Inhalationsnarkotika besser geeignet als die Analgetikasupplementierung. Gute Muskelrelaxierung ist für die Phase des Bruchfortenverschlusses bzw. der Peritoneal- und Fasziennaht erforderlich. Die intermittierende Gabe eines dMR (0,4–0,5 mg/kg KG) ist in der Regel dafür ausreichend. Pressen oder Husten bei der Extubation muß ausgeschlossen sein.

11.1.3.5 Insulinomexstirpation

Die Behandlung des Hyperinsulinismus ist fast so problematisch wie die des Phäochromozytoms. Der Patient mit einem Insulinom muß sehr sorgfältig präoperativ abgeklärt werden. Typischerweise reagiert der Patient, der an einem Insulinom erkrankt ist, empfindlich auf Barbiturate und Morphinderivate. Aus diesem Grund sollte die Prämedikation auf Atropin oder andere Sekretionshemmer ohne zusätzliche Gabe von Morphinderivaten beschränkt bleiben. Kortikosteroide können wegen ihres glukoneogenetischen Effekts von Nutzen sein. Hypoglykämie ist ein starker Stimulus für eine Adrenalinfreisetzung, wobei diese dann eine Tachykardie, Blutdruckanstieg und alle anderen Symptome bewirken kann, die beim Phäochromozytom besprochen werden. Adrenalin bewirkt eine Glykogenolyse, und dies ist auch einer der Rückkoppelungsmechanismen, mit denen der Körper versucht, den Blutzuckerspiegel anzuheben, um damit die andauernde Hypoglykämie, die beim Hyperinsulinismus besteht, zu durchbrechen.

Präoperativ kann bei einem Patienten aufgrund der Bewußtseinslage auf einen entsprechenden Blutzuckerspiegel rückgeschlossen werden. Eine wesentlich schwierigere Situation besteht, wenn während einer Narkose ein Insulinschock zu beurteilen ist, wobei ja dann die Bewußtseinslage als Gradmesser wegfällt.

Ein Insulinschock während der Narkose wird durch seinen adrenalinstimulierenden Effekt erkannt.

Der Patient wird schweißig, blaß, feucht-kalt und reagiert außerdem mit Veränderungen im EKG. Eine Hypoglykämie kann durch sorgfältige Überwachung des Blutzuckers, z. B. durch den Glukoseoxidasetest, während des Verlaufs einer Narkose belegt werden. Außerdem kann durch eine kontinuierliche hochprozentige Glukoseinfusion ein Mindestmaß an Zuckerezufuhr aufrechterhalten werden. Wenn jedoch am Insulinom manipuliert wird, kann durch die Insulinausschüttung sogar dieser Blutzuckerüberschuß abnehmen.

Einige Autoren befürworten den Einsatz von speziellen Systemen (z. B. Biostator) zur kontinuierlichen BZ-Überwachung und bedarfsadaptierter Glukosezufuhr.

Dies mag übertrieben sein, und nicht alle Operationssäle sind damit ausgestattet. Einige dieser Servo-Einrichtungen infundieren auch Insulin, um einem Blutzuckerüberschuß entgegenzuwirken. Das Vertrauen auf ein solches System kann bedeuten, daß sich der Arzt bei der Behandlung eines Patienten allzusehr auf eine Maschine verläßt. Es ist noch immer Aufgabe des Anästhesisten, die Versorgung des ZNS mit dem einzigen Energiesubstrat, das es auch verwerten kann, nämlich Glukose, sicherzustellen.

Was die Anästhetika betrifft, haben sowohl Äther, als auch Cyclopropan hyperglykämische Effekte. Aus diesem Grund könnten beide Medikamente günstig sein. Jedoch verursacht eine Hypoglykämie die Ausschüttung von Katecholaminen, und die Verwendung von Cyclopropan kann zur Sensibilisierung des Myokards gegenüber Katecholaminen führen.

Wird das Adenom, welches für den Hyperinsulinismus verantwortlich ist, entfernt, kann der Blutzucker rasch ansteigen. Trotzdem ist ein vollkommenes Vertrauen auf die Blutzuckerüberwachung im Operationssaal nicht ratsam, da Fehler in diesem System vorkommen. Das Auftreten eines plötzlichen Blutzuckeranstiegs ist nur ein Faktor, der die Überzeugung des Chirurgen stützt, daß pathologisches β -Zellgewebe erfolgreich entfernt wurde.

Hyperglykämie kann ein Problem im Aufwachraum darstellen und nach Beendigung der erfolgreichen Operation die vorübergehende Verwendung von Insulin notwendig machen. Sowohl für den Anästhesisten als auch den Chirurgen ist es letztlich das Ziel, gestützt auf die Funktion der normalen β -Zellen des Pankreas, einen normalen Zuckerstoffwechsel wiederherzustellen. Dies kann oft durch ein behutsames und vorsichtiges Vorgehen erreicht werden, um präoperativ den Blutzuckerspiegel aufrechtzuerhalten und um postoperativ eine Wiederherstellung der Funktion des endokrinen Pankreas sicherzustellen.

11.1.3.6 Ileus

Operative Eingriffe bei Ileus werden in der Regel bei Patienten in schlechtem AZ erforderlich. Die Patienten sind meistens wegen der ausgeprägten Volumenverluste in den Darm hypovolämisch. Neben erheblichen Störungen des Elektrolyt-, Säure-Basen- und Wasserhaushalts können bereits mehr oder weniger deutlich ausgeprägte Störungen des hämodynamischen und pulmonalen Systems bestehen. Darüber hinaus wird der Anästhesist mit dem Problem des vollen Magens und häufig auch des Miserere konfrontiert.

Anästhesieverfahren. Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation, Inhalationsnarkose besser als Analgetikasupplementierung. Lachgas sollte mit Zurückhaltung verwendet werden.

Besonderheiten. Magenentleerung über Magensonde vor der Narkoseeinleitung. Vermeidung einer Aspiration durch Krikoiddruck und „Sturzeinleitung“ (s. 5.2.4.2). Mehrere zuverlässige Infusionswege, ausreichende Volumensubstitution, wiederholte Kontrolle des SBH sowie der Elektrolyte Na^+ und K^+ .

11.2 Chirurgie endokriner Organe

Jeder operative Eingriff an einem endokrinen Organ bewirkt eine verstärkte Ausschüttung von Hormonen (Katecholamine, Kortisole, Hypophysenvorderlappenhormone). Außerdem kann es zu einer mehr oder minder ausgeprägten Glukosetoleranz kommen. Bei direkten Manipulationen an endokrinen Organen sind diese Hormonaktivitäten besonders ausgeprägt. Operative Eingriffe an endokrinen Organen erfordern deshalb die gesteigerte Aufmerksamkeit des Anästhesisten, um die durch Hormoneinfluß verursachten hämodynamischen und respiratorischen Dysregulationen entsprechend auszugleichen [401].

11.2.1 Operationsvorbereitung

Der Erfolg operativer Eingriffe an endokrinen Organen wird ganz entscheidend von einer sorgfältigen Vorbereitung auf die Operation beeinflusst. Nach Möglichkeit sollten die erforderlichen Vorbereitungsmaßnahmen in enger Zusammenarbeit mit einem Endokrinologen erfolgen. Das präoperative Untersuchungsprogramm muß in der Regel erweitert werden, z. B. durch die Röntgendarstellung der Trachea und die Bestimmung der Schilddrüsenhormone Trijodthyronin (T_3) und Thyroxin (T_4) bei Schilddrüsenerkrankungen, der Parathormon- und Kalziumkonzentration bei Nebenschilddrüsenerkrankungen, der Lungenfunktions- und Blutgasanalyse bei Thymushyperplasien, sowie der Plasmakortisol- und Aldosteronkonzentration bei Nebennierenrindenerkrankungen und der Plasmakatecholaminkonzentrationen beim Phäochromozytom. Darüber hinaus sind spezielle und mitunter langfristige medikamentöse Vorbehandlungsmaßnahmen, insbesondere bei der Hyperthyreose und dem Phäochromozytom, aber auch – wenngleich kurzfristiger – bei den verschiedenen Nebennierenrindenerkrankungen erforderlich (s. 10.6.3.1). Bei der Prämedikation ist zu beachten, daß eine gute vegetative Abschirmung zugleich als prophylaktische Maßnahme gegen streßbedingte Hormonaktivitäten wirksam ist. Patienten mit Hyperthyreose und Phäochromozytom sollten auch dann kein Atropin erhalten, wenn sie gut vorbehandelt sind. Als Alternative bietet sich Scopolamin (0,005 mg/kg KG) an.

11.2.2 Anästhesieverfahren

Die Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation ist bei operativen Eingriffen an endokrinen Organen das Verfahren der Wahl. Die besondere Problematik dieser Eingriffe besteht für den Anästhesisten in der vorwiegend hormonell induzierten Kreislaufdysregulation. Deshalb ist insbesondere bei Operationen an der Nebenniere ein erweitertes Monitoring und die Bereitstellung entsprechender Therapeutika (z. B. Hydrokortison, Nitroprussidnatrium, Phentolamin, Dibenzylran, Propranolol, Suprarenin, CaCl, Lidocain) angezeigt. Zur Narkoseeinleitung sind die üblichen intravenösen Narkotika geeignet. Für die Aufrechterhaltung der Narkose können Inhalationsnarkotika oder intravenöse Narkotika bzw. die Kombination beider Substanzen eingesetzt werden. Für Strumaresektionen und Thymektomien erscheinen Inhalationsnarkotika bevorzugt geeignet; bei Eingriffen an der Nebenniere erscheint die Neuroleptanästhesie das brauchbarere Verfahren zu sein. Für die Verwendung von MR ist lediglich bei der Thymektomie ein differenziertes Verhalten erforderlich. Nach Strumaresektionen und Thymektomien sollte die Extubation erst erfolgen, wenn sichergestellt ist, daß keine operationsbedingten Einschränkungen der Atmung erwartet werden müssen (z. B. Pneumothorax, Trachealkompression, Trachealkollaps). Die Indikation zur postoperativen Respiratortherapie ist bei allen Eingriffen an endokrinen Organen großzügig zu stellen.

11.2.3 Operationsspezifische Besonderheiten

Im Rahmen der endokrinen Chirurgie werden v. a. operative Eingriffe an Schilddrüse, Nebenschilddrüse, Thymus und Nebenniere erforderlich.

11.2.3.1 Schilddrüsen- und Nebenschilddrüsenoperationen

Das häufigste Operationsverfahren bei Schilddrüsenerkrankungen (s. 10.6.1) ist die subtotale Strumaresektion; weniger häufig werden Enukleationen sowie Hemi- und Totalthyreoidektomien bzw. Eingriffe an den Nebenschilddrüsen durchgeführt. Unabhängig vom geplanten Eingriff ist das anästhesiologische Vorgehen weitgehend standardisiert.

Anästhesieverfahren. Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation, Inhalationsnarkose.

Besonderheiten. Bei Patienten mit Schilddrüsenerkrankungen ist eine gute Prämedikation mit ausreichender Sedierung erforderlich. Das Einlegen einer Magensonde erleichtert dem Operateur die topographische Orientierung (insbesondere bei Nebenschilddrüsenoperationen). Bei ausgeprägter Trachealkompression ist die Intubation in Lokalanästhesie am wachen Patienten zu erwägen [152]. Eine ausreichende Zahl unterschiedlich dimensionierter Endotrachealkatheter ist bereitzuhalten. Auch intraoperativ kann es durch Manipulationen des Operateurs zu Verziehungen oder Kompressionen der Trachea kommen. Derartige Komplikationen lassen sich durch Verwendung eines Spiraltubus (Woodbridge) reduzieren. Der Tubus sollte stets durch einen Spezialverband sorgfältig an das Kreissystem fixiert sein (z. B. mit Heftpflasterstreifen), da er nach der Abdeckung des Operationsgebiets vom Anästhesisten nicht mehr optisch kontrolliert werden kann. Aus ähnlichen Gründen bedürfen die Augen des Patienten eines sorgfältigen Schutzes (z. B. Salbenverband), insbesondere wenn ein Exophthalmus besteht. Bei hochgelagertem Kopf besteht außerdem die Gefahr der Luftembolie, so daß negative Beatmungsphasen vermieden werden müssen. Bei Eröffnung größerer Venen ist eine Beatmung mit PEEP angezeigt.

Zur Narkoseeinleitung ist bei Schilddrüsenerkrankungen Thiopental besonders geeignet, da es ähnlich wie Thiouracil die Thyroxinproduktion hemmt. Postoperativ sind Behinderungen der Atmung durch Nachblutung, doppelseitige Rekurrensparese und Trachealkollaps möglich. Atemwege und Stimmbandfunktion müssen deshalb bei Patienten nach Strumaoperationen sorgfältig überprüft werden (Inspektion, Phonation). In unmittelbarer Nähe des Krankenbetts ist ein Intubationsbesteck bereitzuhalten. Nach Entfernung großer Tumoren kann es zur Pleuraverletzung kommen, so daß eine postoperative Röntgenkontrolle erforderlich ist. Nach dem Entfernen der Nebenschilddrüse ist auch mit dem Auftreten einer Tetanie zu rechnen.

Bei medullären Karzinomen der Schilddrüse kann es infolge erhöhter Plasmaspiegel von Kalzitinin, Prostaglandin und 5-Hydroxytryptamin zur Hypokalzämie, zu abdominalen Symptomen und zum Flush kommen. Solitäre kalte Knoten finden sich oft bei Patienten < 20 Jahren, v. a. wenn zuvor eine Bestrahlung des Halses durchgeführt wurde.

Hyperthyreosen sind präoperativ grundsätzlich entsprechend vorzubehandeln (s. 10.6.1), um die Entwicklung einer thyreotoxischen Krise auszuschließen. Da diese Patienten dennoch erhebliche hämodynamische Irregularitäten aufweisen können, ist ein erweitertes Monitoring (direkte arterielle Druckmessung, ZVD, evtl. PAP, Temperaturmessung) durchzuführen. Alle Medikamente zur Behandlung einer thyreotoxischen Krise (z. B. Thiamazol, Proloniumjodid, Reserpin, β -Blocker, Hydrokortison, Digitalis, Promethazin, Hydergin, Pethidin) sind bereitzuhalten (s. 10.6.1.3).

11.2.3.2 Thymektomie

Thymushyperplasie und Thymom sind die häufigsten Indikationen für eine Thymektomie. Vor allem bei Patienten mit Myasthenia gravis (s. 9.7.2.1) wird nach in der Regel langdauernder Neostigmin- und Pyridostigmin-, sowie Kortisol- und

Azathioprinmedikation schließlich die Thymektomie erforderlich. Der Eingriff erfordert eine mediane Sternotomie; deshalb sollte die präoperative Diagnostik um die Bestimmung der VK und eine Blutgasanalyse erweitert werden. Die spezifische Medikation mit ChEI sollte präoperativ reduziert und postoperativ in einschleichender Dosierung neu eingestellt werden. Bei der Prämedikation sind alle Medikamente mit ausgeprägtem atemdepressiven Effekt zu vermeiden.

Anästhesieverfahren. Die Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation und Inhalationsnarkotika ist zu empfehlen. MR sind zurückhaltend zu verwenden. Zur Erleichterung der endotrachealen Intubation ist auch eine Lokalanästhesie des Kehlkopfes (Lidocain 4%) zu erwägen.

Besonderheiten. Postoperativ ist der Patient auf eine Intensivtherapiestation zu verlegen. Ein Pneumothorax infolge Pleuraverletzung ist auszuschließen. Pneumonieprophylaxe durch Atemgymnastik und Inhalationstherapie sollte frühzeitig begonnen werden.

11.2.3.3 Nebennierenexstirpation

Die Entfernung der Nebenniere wird in der Regel bei M. Conn, M. Cushing, beim Aldosteronismus oder dem Phäochromozytom erforderlich (s. 10.6.3). Nach einer Exstirpation ist die medikamentöse Substitution der Nebennierenrindenhormone lebenswichtig, während die Funktion des Nebennierenmarks vom extrarenalen chromaffinen Gewebe (z. B. Paravertebralbereich, Plexus coeliacus) voll übernommen wird. Entscheidend für den Operationserfolg ist die sorgfältige Vorbereitung auf den operativen Eingriff, wobei die Normalisierung des Elektrolyt- und Wasserhaushalts, die Stabilisierung der hämodynamischen Funktion (z. B. durch α - und β -Rezeptorenblocker) und die Hormonsubstitution (z. B. mit Hydrokortison, Fluorkortison, Aldactone) im Vordergrund stehen (s. 10.6.3). Die Prämedikation sollte eine gute vegetative Abschirmung garantieren, beim Phäochromozytom erfolgt sie bei bestehender Tachykardie ohne Atropin.

Anästhesieverfahren. Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation unter Bevorzugung der Methoden der Analgetikasupplementierung (z. B. Neuroleptanästhesie). Erweitertes Monitoring (ZVD; bei Phäochromozytom evtl. auch direkte arterielle Druckmessung und PAP).

Besonderheiten. Die endotracheale Intubation kann aus anatomischen Gründen (z. B. Büffelnacken bei M. Cushing) erschwert sein, so daß ein Fiberbronchoskop bereitgehalten werden sollte. Beim Phäochromozytom ist daran zu denken, daß die durch dMR ausgelösten Faszikulationen im Bereich des M. psoas major eine druckpassive Entleerung der paraaortalen Adrenalinspeicher verursachen können. Intraoperative Komplikationen treten v. a. als Hypertensionen, Hypotensionen und Arrhythmien in Erscheinung. Deshalb sollten Phentolamin und NNP sowie Volumenersatzlösungen, Katecholamine und Lidocain bereitgehalten werden. Nach Adrenalektomie ist eine Hydrokortisonsubstitution einzuleiten [127].

11.2.3.4 Insulinom (s. 11.1.3.5)

11.3 Gefäßchirurgie

Operative Eingriffe an den verschiedenen Abschnitten des Gefäßsystems werden v. a. bei Patienten jenseits des 5. Lebensjahrzehnts erforderlich. Die Patienten sind in der Regel mit einer Reihe von Nebenerkrankungen belastet. Der Operationserfolg wird deshalb ganz entscheidend auch von einer sorgfältigen Vorbereitung auf den operativen Eingriff abhängen. In der überwiegenden Zahl der Fälle werden rekonstruktive Eingriffe an den peripheren Gefäßen (insbes. A. femoralis, A. carotis) erforderlich; weniger häufig sind die operativen Korrekturen von Aortenaneurysmen. Auch an den Venen können rekonstruktive Maßnahmen notwendig werden. Während der Operation muß u. U. mit dem Auftreten einer schweren Blutung gerechnet werden, die ihrerseits Ursache erheblicher kardiovaskulärer und anderer Folgereaktionen sein kann. Bei den Eingriffen an den extrakraniellen Hirngefäßen besteht das Risiko der Hirnischämie, bei der Resektion von Aortenaneurysmen die Gefahr einer ischämischen Rückenmarksschädigung. Die Anästhesie bei gefäßchirurgischen Eingriffen erfordert deshalb eine besondere Kontrolle der hämodynamischen Situation, um Folgeschäden beim Patienten auszuschließen.

11.3.1 Operationsvorbereitung

Die Mehrzahl der Patienten, die sich operativen Eingriffen am Gefäßsystem unterziehen müssen, befindet sich im höheren Lebensalter und leidet an Hypertonie, koronarer Herzkrankheit, Störungen der Leberfunktion, Diabetes mellitus und chronischer Nierenerkrankung. Insbesondere das Herz stellt bei verändertem Koronargefäßsystem ein Zielorgan für Komplikationen dar. Herz-Kreislauf-Versagen – v. a. durch Myokardinfarkt – ist die häufigste Todesursache nach Operationen am peripheren Gefäßsystem. Der kardiale Status muß deshalb sorgfältig bestimmt werden. Dies erfordert die Suche nach Zeichen einer koronaren Herzerkrankung, nach Stauungszeichen und Arrhythmien.

Die präoperative Durchführung eines Belastungs-EKG ist zu empfehlen, da Patienten mit Ischämiereaktionen im Belastungs-EKG eine deutliche Häufung postoperativer Myokardinfarkte zeigen. In Einzelfällen ist eine Koronarangiographie angezeigt, um u. U. eine myokardiale Revaskularisierung vor der peripheren Gefäßoperation vorzunehmen.

Infolge ausgeprägter Arteriosklerose ist die Autoregulation des Gefäßsystems auf ein höheres Druckniveau eingestellt, so daß die Durchblutung weitgehend druckpassiv erfolgt. Bei vielen dieser Patienten bestehen außerdem infolge eines verminderten Plasmavolumens und chronischer Diuretikamedikation eine relative Hypovolämie sowie eine Hypokaliämie. Bei geplanten operativen Eingriffen muß deshalb eine Normalisierung des Blutvolumens sowie des Elektrolyt- und Wasserhaushalts und eine sorgfältige Vorbehandlung der Nebenerkrankungen erfolgen. Dabei ist auch zu berücksichtigen, daß die bei der Angiographie verwendeten Kontrastmittel bei exsikkotischen Patienten zu Störungen des Wasser- und Elektrolythaushalts und zum akuten Nierenversagen führen können.

Nur der Noteingriff (z. B. die schwere Blutung oder Perforationsgefahr) läßt eine Kürzung der präoperativen Diagnose- und Therapieverfahren vertretbar erschei-

nen. Ausreichende Mengen vorgekreuzten Blutes, Blutfilter und Blutwärmege­räte sollten bereitgestellt werden. Ist die Eröffnung des Abdomens erforderlich, sollte der Patient mit einer Magensonde versehen werden.

Die Prämedikation erfolgt nach den allgemein gültigen Regeln. Da viele dieser Patienten älter sind und unterschiedliche Grade einer Beeinträchtigung des kardio­vaskulären Systems zeigen, sind Medikamente, die diese Systeme beeinflussen, in reduzierter Dosis anzuwenden.

Der Grad des Monitoring hängt von der Art der Operation und dem Zustand des Patienten ab. Alle Patienten sollten einen großlumigen peripheren Venenzugang, EKG, Temperatursonde, Blutdruckmessung und Harnkatheter erhalten. Bei Operationen an größeren Gefäßen ist ein intraarterieller Katheter zur Blutdruckmessung und Kontrolle der Blutgase erforderlich. Zentralvenöse Katheter empfehlen sich grundsätzlich bei zu erwartenden Volumenverschiebungen sowie bei Patienten, die kardiotonische, vasodilatorische oder antiarrhythmische Medikamente benötigen. Ein Pulmonalarterienkatheter sollte bei Patienten mit kurz zurückliegendem Myo­kardinfarkt, Herzinsuffizienz, instabiler Angina pectoris und schlechter linksventri­kulärer Funktion eingeführt werden.

11.3.2 Anästhesieverfahren

Für operative Eingriffe am Gefäßsystem sind sowohl regionale, als auch allgemeine Anästhesieverfahren geeignet. Die Regionalanästhesie bietet den Vorteil der intra­operativen Kontrolle der neurologischen Funktion (z. B. Karotischirurgie) oder der verbesserten Gewebedurchblutung infolge Blockade des sympathischen Nervensystems (z. B. Femoralisoperationen) [397, 451]. Nachteile der Regionalanästhesie be­stehen in einer gesteigerten vegetativen Erregung mit konsekutiver Hypertension, sowie bei hohen rückenmarksnahen Regionalanästhesien (z. B. Th₄), im Auftreten einer möglichen Ateminsuffizienz. In der Regel sind bei Eröffnung von Bauchhöhle oder Thorax die Allgemein­anästhesieverfahren besser geeignet als regionale Tech­niken. Lediglich bei Operationen im Bereich der Extremitäten und des unteren Ab­domens (z. B. Inguinalbereich) besitzen die rückenmarksnahen Regionalanästhesien, einschließlich der Kathetertechniken, gegenüber den Allgemein­anästhesien Vorteile. Allerdings gelten auch hier die Kontraindikationen bei Schock, Infektion im Bereich der Punktionsstelle, Sepsis und Störungen der Blutgerinnung.

Zur Narkoseeinleitung eignen sich die üblichen intravenösen Narkotika. Für die Aufrechterhaltung der Narkose können Inhalationsnarkotika oder intravenöse Narkotika eingesetzt werden. Dabei erscheinen intravenöse Narkotika bei Opera­tionen mit einem zu erwartenden Wärmeverlust besser geeignet als Inhalationsnar­kotika. Ein möglicher Analgetikaüberhang sollte stets durch Naloxon (0,0015 mg/kg KG) beseitigt werden. Bei ausgeprägten Volumenverlusten und -substitutionen ist die wiederholte Kontrolle der arteriellen Blutgase, des SBH, der Hämoglobin- und Hämatokritkonzentrationen, der Elektrolyte, sowie des Harnzeitvolumens er­forderlich.

11.3.3 Operationsspezifische Besonderheiten

Gefäßchirurgische Eingriffe werden v. a. bei Aneurysmen (Aorta), arteriellen Verschlusskrankheiten (A. iliaca, A. femoralis, A. carotis), arteriellen Gefäßverletzungen und Varizen erforderlich. In der Regel wird auch die Sympathektomie als durchblutungsfördernde Maßnahme den gefäßchirurgischen Eingriffen zugeordnet.

11.3.3.1 Aneurysmaresektion

Aneurysmen treten bevorzugt an der Aorta auf; ihre häufigsten Ursachen sind Hypertonie und stumpfe Thoraxtraumen. In der Regel entwickelt sich das Aneurysma durch einen Einriß der Intima und Media der Gefäßwand, wodurch es zum Blutstrom in die Wandschichten des Gefäßes mit einer Ausbreitung in Richtung des Blutflusses kommt (Aneurysma dissecans). Das falsche Lumen befindet sich zu meist in der äußeren Hälfte der Media und ist daher nur von einer sehr dünnen Wand umgeben. Unbehandelt besitzen Aortenaneurysmen eine hohe Komplikationsrate mit einer Mortalität um 90%. Grundsätzlich müssen thorakale von abdominalen Aortenaneurysmen unterschieden werden.

Thorakale Aortenaneurysmen. 70% aller thorakalen Aortenaneurysmen befinden sich im aufsteigenden Aortenabschnitt und im Aortenbogen. Durch die enge Nachbarschaft zu Trachea, Ösophagus und laryngealen Nerven imponieren sie mit Stridor, Dysphagie und Heiserkeit. Die operative Korrektur dieser Aneurysmen erfordert eine mediale Sternotomie und den Einsatz der HLM (s. 11.5). Da die Dissektion der Aorta oft die A. innominata mitbetrifft, sollte stets die linke A. radialis zur Druckmessung verwendet werden. Des weiteren sind die Messung des PAP, der arteriellen Blutgase, die Registrierung von EKG und EEG, sowie die Bestimmung des Harnvolumens wesentliche Bestandteile des Monitorings. Die Anästhesie erfolgt nach den Prinzipien kardiochirurgischer Eingriffe (s. 11.5). Nach dem Bypass sollte der Blutdruck im unteren Normalbereich gehalten werden, um jede Belastung der Gefäßnähte zu vermeiden und den myokardialen Sauerstoffbedarf zu senken.

Die Aneurysmen der absteigenden thorakalen Aorta verlaufen meist asymptomatisch, sie zeigen auch eine geringere Tendenz zur Ruptur. Nach traumatischen Ereignissen sind sie häufig mit Myokardkontusionen kombiniert, wobei v. a. der rechte Ventrikel betroffen ist. Herzinsuffizienz und Arrhythmie sind häufige Begleitsymptome dieses Krankheitsbildes. Die Therapie kann konservativ mit Vasodilanzien oder operativ durch Resektion des betroffenen Segments erfolgen. Der Einsatz einer HLM ist nicht unbedingt erforderlich; die Perfusion der Gefäße distal der Aortenklappe kann auch durch einen vorübergehenden Shunt erfolgen. Bei Verwendung der HLM wird entweder eine retrograde Perfusion (Femoralvene-HLM-Femoralarterie) oder ein partieller Linksherz-Bypass (linker Vorhof-HLM-Femoralarterie) durchgeführt. Der chirurgische Zugang erfolgt über eine linksseitige Thorakotomie, die u. U. bis unter das Zwerchfell ausgedehnt wird. Zur Erleichterung der chirurgischen Präparation ist die endobronchiale Intubation mit einem Doppellumentubus zu empfehlen. Allerdings kann ein großes Aneurysma den Tracheobronchialtrakt so stark einengen, daß die endotracheale Intubation schwierig oder sogar unmöglich ist. Der arterielle Druck sollte bei diesen Aneurysmen in der rechten A. radialis (oberhalb des Aneurysmas) und in der A. femoralis (unterhalb des Aneurysmas) gemessen werden, weil damit die Durchblutung von Hirn, Niere und Rückenmark am besten beurteilt werden kann. Oberhalb der Abklemmung sollte der Druck > 100 mm Hg, unterhalb > 50 mm Hg betragen. Da die Sauerstoffversorgung der Gebiete distal der Aortenabklemmung weitgehend von dem bestehenden Kollateralkreislauf und der Dauer der Abklemmzeit abhängt, sind ischämische Schäden an Rückenmark, Mesenterium oder Nieren nur bei Abklemmzeiten von < 20 min zu vermeiden. Es hat sich bewährt, während der Abklemmzeiten hypertone Blutdruckwerte von etwa 160 mm Hg anzustreben.

Abdominale Aortenaneurysmen. Aneurysmen im abdominalen Anteil der Aorta finden sich häufig nach arteriosklerotischen Prozessen bei Männern von >60 Jahren. Bei den Patienten handelt es sich in der Regel um Kranke mit meist mehreren Nebenerkrankungen. Die Wahrscheinlichkeit einer Aneurysmaruptur steigt mit der Größe des Durchmessers des Aneurysmas. So rupturieren Aneurysmen von <5 cm Durchmesser in etwa 5%, während dies bei Aneurysmen von >7 cm in 70% eintritt. Die Resektion des Aneurysmas ist indiziert, wenn der Durchmesser des Aneurysmas >5 cm beträgt. Schwerwiegende Probleme im perioperativen Verlauf sind nur zu erwarten, wenn das Aneurysma die Abgänge der Nierenarterien erfaßt hat. Sorgfältiges Monitoring mit invasiven Techniken (einschließlich ZVD, PAP) ist anzuraten, besonders wenn die Patienten an KHK leiden. In diesen Fällen sind extreme Blutdrucksteigerungen (z. B. nach „Clamping“) durch Pharmakotherapie (NNP) zu vermeiden. Muß die Aorta oberhalb des Abgangs der Nierenarterien abgeklemmt werden, so sollte dies <30 min erfolgen. Zur Nierenprophylaxe hat sich die Infusion von Mannitol vor der Abklemmung bewährt.

Bei jedem operativen Eingriff an der Aorta kommt es nach Öffnen der Aortenklemme zu einem plötzlichen Abfall des Gefäßwiderstands und zum Abstrom des Blutes in die arteriellen Gefäßgebiete. Dadurch erfolgt eine Hypotension, die der Organismus durch eine frequenzbedingte Steigerung des HZV zu kompensieren versucht. Bei sorgfältiger Kontrolle des PCWP kann durch Volumensubstitution oder Pharmaka dieser Phase entsprechend begegnet werden. Eine wesentliche Voraussetzung zur Beherrschung dieser Situation ist die langsame, schrittweise Eröffnung der Aortenklamme durch den Chirurgen, bei guter Kooperation mit dem Anästhesisten.

Rupturiertes Aortenaneurysma. Beim rupturierten Aortenaneurysma orientiert sich das anästhesiologische Vorgehen an der Lokalisation der Ruptur und an der Ausprägung des Schockzustands (s. 10.11.3 u. Kap. 13). Wenn nur die Abklemmung der Aorta lebensrettend ist, darf keine Zeit mit Vorbereitungsmaßnahmen verloren werden. Da retroperitoneale Hämatoeme nicht nur in den Darm perforieren können, sondern auch eine peritoneale Reizung verursachen, ist frühzeitig mit der Gefahr des Erbrechens und der konsekutiven Aspiration zu rechnen. Bereits während der Narkoseeinleitung sollte zur Prophylaxe eines postoperativen Nierenversagens die Infusion von Mannitol und/oder Furosemid im intravenösen Dauertropf erfolgen. In jedem Fall ist ein erweitertes Monitoring (ZVD, direkte arterielle Blutdruckmessung, evtl. PAP, Temperaturmessung, Blutgasanalyse) durchzuführen.

11.3.3.2 Arterienrekonstruktionen

Unter den operativen Eingriffen, die eine Wiederherstellung der arteriellen Strombahn ermöglichen, sind Ausschälplastiken, Bypassoperationen, Embolektomien und Gefäßnähte am häufigsten vertreten. Diese Eingriffe sind v. a. bei zerebrovaskulären Erkrankungen und bei arteriellen Verschlusskrankheiten der Extremitäten erforderlich. Patienten mit derartigen Erkrankungen leiden zumeist außerdem an KHK, Hypertonie, Diabetes mellitus und pulmonalen Erkrankungen. Nur durch Vorbehandlung dieser Nebenerkrankungen und sorgfältige Beachtung einiger operationsspezifischer Besonderheiten wird es möglich sein, das Operationsergebnis nicht zu gefährden.

Zerebrovaskuläre Erkrankungen. Unter diesen Erkrankungen finden sich im operativen Kranken- gut v. a. Durchblutungsbehinderungen in der A. carotis und der A. vertebrobasilaris, sowie das sog. „Subclavian-steal-Syndrom“. Die normale Hirndurchblutung beträgt 50 ml/min; jedoch ist die Durchblutung der grauen Substanz ca. 4 mal höher als in der weißen Substanz, so daß die Durchblutung im einzelnen 80 ml bzw. 20 ml pro 100 Gramm pro Minute beträgt.

A.-carotis-Einengung. Der häufigste Sitz von atheromatösen Gefäßveränderungen findet sich im Bereich der Bifurkation der A. carotis communis. Dies führt zur zerebrovaskulären Insuffizienz, deren klinische Manifestationen die transitorische ischämische Attacke (TIA), der prolongierte ischämische Insult (PRIND) oder der Hirninfarkt sein können.

TIA führt zu vorübergehendem ipsilateralen einseitigen Sehverlust (Amaurosis fugax), kontralateralen Paresen und Gefühlsstörungen. Bei der Auskultation der A. carotis ist ein Geräusch wahrnehmbar, das allerdings bei starker Stenose fehlen kann. Sind auch die sympathischen Nervenfasern im Bereich der A. carotis communis in den Krankheitsprozeß einbezogen, kann ein Horner-Syndrom auftreten.

PRIND zeigt erst im Verlaufe von 2–3 Tagen eine Rückbildung der neurologischen Ausfälle; meist kommt es jedoch zu morphologischen Veränderungen des Gehirns. Der Hirninfarkt geht immer mit irreversiblen neurologischen Ausfällen einher.

A.-vertebrobasilaris-Einengung. Bei dieser Erkrankung weisen die Symptome auf die hinteren Hirnabschnitte hin, z. B. durch bilaterale Sehstörungen (Doppelbilder), Schwindelgefühl, Koordinationsstörungen, Übelkeit, Erbrechen, Sprachstörungen, Schluckbeschwerden, Schwäche und Parästhesie aller vier Extremitäten. Typisch für dieses Krankheitsbild ist der plötzliche Verlust der Haltekraft in den Beinen bei erhaltenem Bewußtsein. Allerdings können diese Symptome auch durch eine Erkrankung der HWS bedingt sein.

Subclavian-steal-Syndrom. Dieses Krankheitsbild zeigt sich im „Hinken“ eines benutzten Armes, begleitet von vertebrobasilarer Insuffizienz. Meist findet sich eine arbeitsbedingte Einschränkung der Armfunktion. Eine Seitendifferenz des arteriellen Blutdrucks von > 20 mm Hg weist auf eine Stenose der linken A. subclavia hin.

Alle chirurgischen Behandlungsverfahren bei zerebrovaskulären Erkrankungen dienen gegenwärtig der Prävention neurologischer Ausfälle. Sie haben zum Ziel, die Sauerstoffversorgung des ischämischen Hirngewebes zu verbessern. Am häufigsten werden hierzu Endarteriektomien der A. carotis durchgeführt, seltener extrakraniell-intrakranielle Bypassoperationen. Vor der operativen Korrektur gefäßverengender Prozesse bei zerebrovaskulärer Insuffizienz sollten schwerwiegende Nebenerkrankungen entsprechend behandelt sein. So ist z. B. zu überdenken, ob nicht die vorherige Durchführung eines koronaren Bypasses bei Patienten mit ausgeprägter KHK das Operationsergebnis entscheidend verbessern kann. Für den Anästhesisten ergeben sich bei diesen Eingriffen die wesentlichsten Probleme aus der Aufrechterhaltung einer ausreichenden Hirndurchblutung. Die kritischste Phase ist die chirurgische Abklemmung der gemeinsamen inneren und äußeren A. carotis. Die meisten Patienten tolerieren dies durch Kollateralen des Circulus Willisii. Bei einigen Patienten kann es jedoch zu einer ungenügenden Perfusion kommen.

Kollateralkreislauf. Während der Abklemmphase der A. carotis vor Anlegen des temporären Shunts kann der Blutstrom zur A. cerebri media über den Circulus Willisii (Abb. 11.1) erfolgen. Dies geschieht über eine oder beide Vertebralarterien oder über die A. carotis interna der Gegenseite. Allerdings liegt bei rd. 50% aller Patienten keine A. communicans posterior vor, so daß die Kompensationsvorgänge bei verminderter Karotisdurchblutung erheblich eingeschränkt werden.

Anästhesie. Als Anästhesieverfahren sind sowohl Regional- als auch Allgemeinanästhesien geeignet. Unter den Regionalanästhesien kann ein zervikaler Plexusblock eingesetzt werden, der mit lokaler Infiltration kombiniert wird. Bei dieser Methode sind die kardiovaskulären Reaktionen jedoch häufig stärker ausgeprägt, als bei Durchführung einer Allgemeinanästhesie. Nicht nur aus diesem Grunde, sondern auch wegen der besseren Möglichkeiten der Hirnprotektion werden von vielen Anästhesisten die Methoden der Allgemeinanästhesie bevorzugt. Diese erfolgt als endotracheale Intubationsnarkose mit Inhalationsnarkotika oder Analgetikasupplementierung. Die Narkose wird in der Regel mit Barbituraten oder Benzodiazepinen eingeleitet. Dabei sind stärkere Blutdruckschwankungen zu vermeiden. Als Richtlinie gilt, daß sich der mittlere arterielle Druck nicht mehr als 30–40 mm Hg nach unten oder oben verändern sollte.

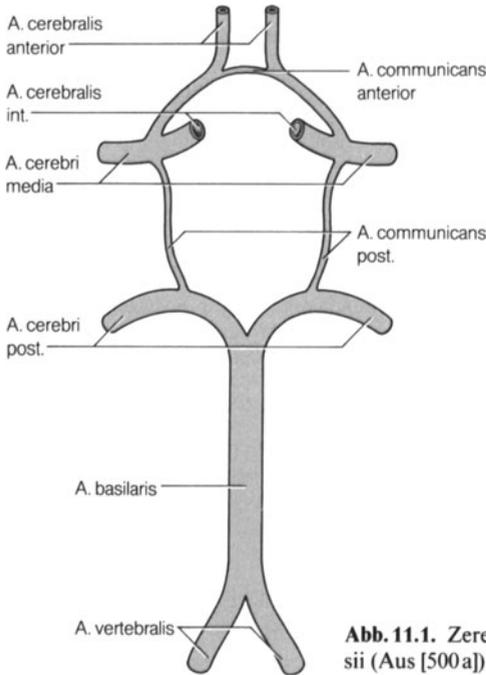


Abb. 11.1. Zerebrale Blutversorgung über den Circulus Willisii (Aus [500 a])

Monitoring. Das Monitoring bei diesen Eingriffen umfaßt die direkte arterielle Blutdruckmessung (A. radialis), die Ableitung eines EKG und die Messung des ZVD. Zur Überwachung der Hirnfunktion werden EEG, komprimierte Spektralanalyse, Zerebral-Funktions-Monitor und Okuloplethysmographie empfohlen, die jedoch sämtlich mit Vor- und Nachteilen belastet sind. Schon die Vielfalt der empfohlenen Methoden zeigt, daß das absolut zuverlässige Verfahren noch nicht gefunden ist.

EEG. Die Überwachung der Hirnfunktion durch das EEG ist theoretisch ein zuverlässiges Verfahren; denn die Schwere der EEG-Veränderungen korreliert mit der Abnahme der Hirndurchblutung. Die EEG-Überwachung ist jedoch sehr aufwendig und benötigt für eine einwandfreie Interpretation geschultes Personal, so daß sich diese Methode nicht durchsetzen konnte. Die kritische untere Grenze der Gehirndurchblutung ist bei EEG-Kontrollen etwa 20 ml/100 g/min.

Komprimierte Spektralanalyse. Die komprimierte Spektralanalyse liefert ein dreidimensionales Bild des EEG; der Verlauf einer einstündigen Ableitung kann auf einem Bild komprimiert werden. Das Verfahren eignet sich deshalb v. a. zur Erkennung von Trends. Der große Aufwand des Verfahrens schränkt jedoch seine Anwendung ein. Besser geeignet erscheint die density-modulierte Spektralanalyse.

Zerebral-Funktions-Monitor (CFM). Der CFM liefert ein komprimiertes EEG über einen Kanal. Auch dieses Verfahren ist nicht absolut zuverlässig zur Erkennung von Funktionsminderungen des EEG.

Okuloplethysmographie. Dieses Verfahren bestimmt die supraorbitale arterielle Durchblutung durch den intraluminaren Shunt. Eine Verzögerung des okularen Pulses zeigt den unzureichenden Fluß durch den Shunt.

Lagerung und operationsspezifische Besonderheiten. Die Enderarteriektomie wird durch Drehung des Kopfes um 30–45° zur Gegenseite erleichtert. Nach Darstellung der Karotisbifurkation wird das Gefäß oberhalb und unterhalb der Einengung abgeklemmt, dann eröffnet und endarteriektomiert,

die tatsächliche Reaktion des Gefäßsystems ist jedoch nicht vorhersehbar, so daß auch diese Methode keine zuverlässige Hirnprotektion bewirkt. Am zuverlässigsten ist deshalb eine Normventilation, evtl. eine leichte Hyperventilation ($p_a\text{CO}_2$ 30–35 mm Hg). Für jeden mm Hg Änderung des $p_a\text{CO}_2$ ändert sich die zerebrale Durchblutung um ca. 4%.

Induzierte Hypertension. Auch die Anhebung des Systemdrucks bleibt eine umstrittene Maßnahme, zumal die Erhöhung des Systemdrucks um 2 mm Hg den Stumpfdruck nur um 1 mm Hg ansteigen läßt. Dennoch ist die Anhebung des Systemdrucks um 10–20% unmittelbar vor und während der Abklemmung zu empfehlen, wenn der Druck nicht bereits primär > 170 mm Hg erreicht hat.

Postoperative Phase. In der postoperativen Phase ist mit dem Auftreten von Hypertension (Gefahr von Myokardinfarkt und Hirnödem) zu rechnen, deren Ursache wahrscheinlich auf eine veränderte Aktivität des Karotissinus zurückzuführen ist. Bei beidseitigem Ausfall der Karotissinusfunktion kann Hypoxie nicht zu einer entsprechenden Atemsteigerung führen. Bei Patienten, die zuvor mehrere TIA erlitten hatten, treten häufig zerebrale Thrombosen auf. Wenn der Liquor klar ist, sollten diese mit Heparin behandelt werden. Zerebrale Embolien treten plötzlich mit Kopfschmerzen an der Seite der Affektion auf. Sie gehen meist vom Herzen aus (insb. bei Mitralklappenstenose, Vorhofflimmern).

Arterielle Verschlusskrankheiten der Extremitäten. Patienten mit aortoiliakaler Verschlusskrankheit können in der Regel in zwei Gruppen unterteilt werden: jene mit segmentalen Erkrankungen und jene mit Mehrgefäßerkrankung.

Segmentale aortoiliakale Verschlusskrankheiten finden sich v. a. bei relativ jungen Patienten, die nur selten eine Hypertension oder einen Diabetes mellitus zeigen; sie haben jedoch häufig abnorm hohe Blutfette. Die arteriosklerotische Gefäßveränderung ist vorwiegend oberhalb des Leistenbandes lokalisiert, kann jedoch auch auf die A. iliaca externa oder die Femoralgefäße ausgedehnt sein. Viele dieser Patienten haben einen Kollateralkreislauf entwickelt, der die Versorgung der Extremität aufrechterhält.

Mehrgefäß-Verschlusskrankheiten finden sich v. a. bei älteren Patienten, wobei Männer etwa 7mal häufiger betroffen sind als Frauen. Die Erkrankung betrifft die Femoral- und Poplitealarterien, den Beginn der A. profunda femoris, seltener den Abflußbereich der A. tibialis. In der Regel leiden diese Patienten an einer Reihe von Nebenerkrankungen, von denen Hypertonie, Diabetes mellitus, koronare Herzkrankheit und zerebrovaskuläre Erkrankungen im Vordergrund stehen. In der Anamnese finden sich Angaben über Claudicatio intermittens, Ischämieschmerz in Ruhe, Ulcera cruris und Gangrän.

Anästhesieverfahren. Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation, Inhalationsnarkotika oder Analgetikasupplementierung. Regionalanästhesie in Form von Spinal- oder Periduralanästhesie.

Monitoring. Das Monitoring umfaßt EKG, ZVD, nach Möglichkeit direkte arterielle Blutdruckmessung (A. radialis), bei kardiovaskulären Nebenerkrankungen PCWP, und bei breiter Eröffnung der Bauchhöhle die kontinuierliche Messung der Körpertemperatur. Das Harnvolumen sollte über einen Blasenkatheter regelmäßig erfaßt werden.

Besonderheiten. Im Rahmen gefäßchirurgischer Eingriffe wird der Anästhesist mit einer Reihe hämodynamischer Probleme konfrontiert, die im wesentlichen auf größere Blutverluste, auf die Unterbrechung der Blutzirkulation, auf Volumenverschiebungen und Wärmeverluste zurückzuführen sind.

Hämorrhagie. Der schwere Blutverlust erfordert die sofortige Volumensubstitution mit Plasmaersatzmitteln, Plasma oder Blut. Dabei kann die Massivtransfusion (s. 6.7.2.4) selbst wieder Ursache für Wärmeverluste, metabolische Azidose oder Blutgerinnungsstörungen sein.

Clamping. Das Abklemmen der Aorta bewirkt eine akute Nachlastserhöhung des Myokards. Dies wird vom gesunden Herzen, das keine Zeichen einer Ischämie oder Insuffizienz zeigt, gut toleriert. Der systolische Druck steigt um 15–30% an, diastolischer und mittlerer arterieller Druck verändern sich entsprechend. Das Herzzeitvolumen nimmt v. a. durch eine Verminderung des Schlagvolumens um etwa 20% ab. Bei Patienten ohne Myokardinsuffizienz bleiben sowohl der pulmonalkapillare Verschlussdruck (PCWP) als auch der zentralvenöse Druck (ZVD) unverändert oder nehmen leicht

ab. Der periphere Gesamtwiderstand nimmt um 30–35% zu. Das insuffiziente Herz reagiert jedoch u. U. ganz anders. Neben schwerer Hypertension, myokardialer Ischämie und Arrhythmie kann es auch zu einem Abfall des Blutdrucks kommen, der von Ischämiezeichen begleitet sein kann. Einer gefährlichen Linksherzbelastung muß sofort therapeutisch begegnet werden (z. B. durch NNP, NTG und/oder positiv inotrope Substanzen). Bei liegendem Pulmonalarterienkatheter gibt der dramatische Anstieg des PCWP einen guten Hinweis für den Beginn einer Therapie mit Vasodilatoren. Bei längerer Unterbrechung der peripheren Zirkulation ist die Entwicklung einer metabolischen Azidose in das therapeutische Konzept einzubeziehen: häufig verschwindet sie jedoch ohne therapeutische Maßnahme nach Freigabe der Zirkulation.

Weiterhin führt das Abklemmen der Aorta zu einer Abnahme der Nierendurchblutung, auch wenn die Klemmen infrarenal gesetzt sind. Dabei kommt es v. a. zu einer Redistribution des Blutflusses von der Nierenrinde zum äußeren Mark. Dieser Effekt kann durch Gabe von Mannitol behoben werden. Auch die der Abklemmung vorangehende Hydrierung mit Ringer-Laktat (500–1000 ml/h) reicht aus, um eine adäquate Harnausscheidung zu erzielen.

Declamping. Die Freigabe der Blutströmung nach beendeter Gefäßnaht verursacht häufig eine deutliche Hypotension, die entweder auf eine relative Hypovolämie oder unzureichende Kontraktionsfähigkeit des Gefäßsystems infolge Azidose zurückgeführt werden muß. Neben ausreichender Volumensubstitution ist deshalb bei längerer Unterbrechung der Blutströmung die prophylaktische Gabe von Natriumbikarbonat (1 mmol/kg KG) zu erwägen. Andererseits müssen ausgeprägte Hypertensionen (z. B. > 200 mm Hg) vermieden werden, um das Risiko von Blutung, Herz- oder Hirninfarkt nicht zu erhöhen. Vor Abnahme der Klemme sollte deshalb der ZVD zwischen 10–15 cm H₂O und der PCWP bei 10–20 mm Hg liegen. Gute Kommunikation mit dem Operateur und u. U. langsames Öffnen der Klemme tragen wesentlich zur Stabilisierung der hämodynamischen Situation bei.

Volumenverschiebung. Durch Eviszation des Darms, die zur Darstellung der Bauchaorta unumgänglich ist, kommt es häufig zum Blutdruckabfall. Ursache dieser Reaktion ist in der Regel eine Hypovolämie, die auf einer erheblichen Flüssigkeitssequestration in den Darm beruht. Verstärkte Volumensubstitution kann dieser Gefahr weitgehend begegnen.

Wärmeverluste. Die mitunter weite Eröffnung der Bauchhöhle und langen Operationszeiten verursachen erhebliche Wärmeverluste des Organismus. Deshalb ist die kontinuierliche Temperaturkontrolle ein obligatorischer Bestandteil der Überwachungsmaßnahmen bei gefäßchirurgischen Operationen an den Extremitäten. Der Wärmekonvektion sollte durch entsprechende Maßnahmen (z. B. warme Tücher und Infusionslösungen, adaptierte Raumtemperaturen) entsprechend begegnet werden.

Akuter arterieller Gefäßverschuß. Aus Herzthromben, die sich meist in der Bifurkation größerer Arterien anlegen, können akute arterielle Gefäßverschlüsse entstehen. Die Symptomatologie ist gekennzeichnet durch eine Ischämie unterhalb des Verschlusses mit scharf markierter Farbänderung sowie Wärme- und Pulsverlust im distalen Bereich der Extremität. Eine operative Embolektomie ist angezeigt, wenn eine konservative Therapie nicht innerhalb von 24 h wirksam war.

11.3.3.3 Venenrekonstruktion und Varizenoperationen

Gefäßchirurgische Eingriffe an den Venen bieten in der Regel keine wesentlichen anästhesiologischen Probleme. Als Anästhesieverfahren eignen sich Allgemein- und Regionalanästhesien. Lediglich bei der operativen Anlage einer portokavalen Anastomose sind einige Besonderheiten zu berücksichtigen, die sich aus der Grundkrankheit des Patienten (Leberzirrhose, s. 10.4) und der Operationstechnik (Laparotomie, Gefäßnaht) ergeben. Allgemeinanästhesien in endotrachealer Intubation mit Analgetikasupplementierung und guter Muskelrelaxation erscheinen für diese Eingriffe besonders geeignet.

11.4 Thoraxchirurgie

Thoraxchirurgische Eingriffe erfordern vom Anästhesisten ausreichende Kenntnisse über die Lungenfunktion und ihre Veränderungen bei Seitenlage und offenem Thorax. Darüber hinaus ist gerade bei diesen operativen Eingriffen die gute Zusammenarbeit zwischen Operateur und Anästhesist zwingend, weil sich bei Thoraxoperationen anfallende Probleme nur durch gegenseitige Information und Kooperation lösen lassen. Dies betrifft v. a. die Operationsphasen von Pleuraeröffnung und -naht, Pulmonalarterien- und Bronchusabklemmung sowie Bronchusnaht. Aber auch die vom Anästhesisten zu treffenden Maßnahmen, wie Bronchialtoilette, Blähung atelektatischer Lungenabschnitte usw. sollten nur unter Berücksichtigung des Operationsablaufs nach Information des Operateurs erfolgen [385, 420, 561].

11.4.1 Operationsvorbereitung

Neben den üblichen Voruntersuchungen erfordern thoraxchirurgische Eingriffe die Lungenfunktionsprüfung und Blutgasanalysen. 3 Tage präoperativ sollte eine Beatmungsinhalation begonnen werden. Blutkonserven sind bereitzustellen, zuverlässige intravenöse Zugangswege (davon ein Zugang zur Messung des ZVD) sollten bei Thorakotomien hergestellt werden. Bei ausgedehnten Eingriffen ist darüber hinaus ein arterieller Zugangsweg zur direkten Druckmessung und zur wiederholten Blutgasanalyse angezeigt. Bei kardiovaskulären Risikofaktoren sollte außerdem der PAP gemessen werden. Zur sorgfältigen Überwachung gehören EKG-Monitoring und die Überwachung des Beatmungsdrucks. Eine ausreichende Prämedikation mit Atropin mindert die Bronchialsekretion, auf atemdepressive Medikamente sollte verzichtet werden.

11.4.1.1 Präoperative Untersuchungen

Vor thoraxchirurgischen Eingriffen ist die Durchführung einer Lungenfunktionsprüfung obligatorischer Bestandteil der Vorbereitungsmaßnahmen. In der Regel besteht diese aus der Bestimmung von Totalkapazität (TLC), Residualvolumen (RV), Vitalkapazität (VC), funktioneller Residualkapazität (FRC) und den dynamischen Lungenvolumina, wie forcierte expiratorische Vitalkapazität (FVC) und expiratorische Einsekundenkapazität (FEV_1).

Totalkapazität (TLC). Die TLC bezeichnet das gesamte Luftvolumen, das sich nach einer maximalen Inspiration in den Lungen befindet. Die Menge beträgt etwa 6000 ml. Die TLC ist beim Lungenemphysem erhöht, bei Lungenfibrose oder Kyphoskoliose vermindert.

Residualvolumen (RV). Das RV ist jenes Luftvolumen, das nach maximaler Expiration noch in der Lunge verbleibt. Seine Menge beträgt etwa 1200 ml und kann nicht spirometrisch bestimmt werden. Bei Patienten mit obstruktiven Lungenerkrankungen ist das RV erhöht, weil während der Expiration ein Verschluss der kleinen Atemwege auftritt, so daß die Luft nicht vollständig ausgeatmet werden kann (air-trapping; trap = Falle).

Vitalkapazität (VC). Unter VC versteht man die Luftmenge, die nach einer maximalen Inspiration maximal ausgeatmet werden kann; sie ergibt sich aus der Differenz zwischen Totalkapazität und Residualvolumen. Die VC beträgt etwa 5000 ml. Nimmt die Totalkapazität ab oder das Residualvolumen zu (z. B. bei „air-trapping“), so wird die VC vermindert.

Funktionelle Residualkapazität (FRC). Die FRC bezeichnet das endexpiratorische Lungenvolumen in Ruhe, d. h. die Summe von Residualvolumen und expiratorischem Reservevolumen (expiratorisches Reservevolumen = Luftvolumen, das nach einer normalen Expiration noch zusätzlich ausgeatmet werden kann). Die Menge beträgt etwa 2300 ml; sie hängt nicht von der Muskelaktivität ab, sondern vom Gleichgewicht zwischen elastischer Retraktionskraft der Lunge und der entgegengerichteten Retraktionskraft der Thoraxwand. Bei chronisch-obstruktiven Lungenerkrankungen ist die FRC erhöht.

Forcierte Vitalkapazität (FVC). Die FVC ist das aus maximaler Inspirationslage rasch und vollständig ausgeatmete Volumen. Beim Gesunden erreicht die FVC nach 4 s ein Plateau, bei Obstruktion mit „air-trapping“ wird hingegen kein Plateau erreicht. Ein terminaler Anstieg der registrierten Kurve beweist eine Atemwegsobstruktion. Eine veränderte VC kann durch eine restriktive Lungenerkrankung bedingt sein. Liegt die VC präoperativ unter 50% des Normwerts, bzw. unter 1,75–2 l, so muß bei über 30% der Patienten mit einem postoperativen Atemversagen gerechnet werden.

Expiratorische Einsekundenkapazität (VEF₁). Die FEV₁ ist das innerhalb der ersten Sekunde rasch ausgeatmete Volumen; es wird meist in % der FVC angegeben (FEV₁% = relative Einsekundenkapazität). Der Gesunde kann 70–80% seiner VK innerhalb der ersten Sekunde ausatmen. Patienten mit deutlicher Atemwegsobstruktion atmen wesentlich weniger Volumen in der ersten Sekunde aus.

Maximale expiratorische Fluß-Volumen-Kurve. Bei diesem Verfahren wird das forcierte Expirogramm als maximale Fluß-Volumen-Kurve aufgezeichnet. Aus der Kurve lassen sich bestimmte momentane Flußwerte ermitteln:

- Maximaler expiratorischer Spitzenfluß („peak expiratory flow-PEP“): Darunter versteht man die höchste Flußgeschwindigkeit, die für mindestens 10 s aufrechterhalten wird. Der Spitzenfluß hängt von zahlreichen Faktoren ab, v. a. jedoch vom Ausmaß der Atemwegsobstruktion und von der Mitarbeit des Patienten.
- Maximale expiratorische Flüsse nach 25, 50 und 75% der ausgeatmeten forcierten VK (MEF 25, 50, 75): Bei diesem Wert ist v. a. die MEF 75 ein empfindlicher Indikator für einen Querschnittsverlust der peripheren Atemwege.

Weisen die spirometrischen Untersuchungen auf eine obstruktive Lungenerkrankung hin, so werden sie nach Gabe von Bronchodilatoren wiederholt. Dafür sind vor allem die FEV₁ und die FVC geeignet.

Bei allen Patienten mit Einschränkungen der Lungenfunktion sollten außerdem Blutgasanalysen durchgeführt werden. Darüber hinaus sind bei schweren Einschränkungen der Lungenfunktion auch Messungen des PAP von großem Wert, weil sie Hinweise auf zu erwartende kardiale Funktionsstörungen geben. Steigt der PAP proximal der Okklusion auf > 40 mm Hg an oder tritt eine Hypoxämie auf, so wird eine Pneumonektomie voraussichtlich nicht toleriert.

11.4.1.2 Präoperative Überlegungen

Thoraxoperationen werden in der Regel in Seitenlage durchgeführt. Daraus ergeben sich Veränderungen der Atemmechanik und des Gasaustausches, die entsprechend berücksichtigt werden müssen.

Atemfunktion in Seitenlage und bei offenem Thorax. Allgemeinanästhesie, Muskelrelaxierung, Seitenlage und eröffneter Thorax beeinflussen die Durchblutung und Belüftung der Lunge, sowie das Belüftungs-Durchblutungs-Verhältnis. Bei der Durchführung einer Anästhesie für thoraxchirurgische Operationen sind diese Besonderheiten entsprechend zu berücksichtigen.

Aufrechte Position. Schon beim wachen Menschen in aufrechter Position sind Belüftung und Durchblutung der Lungen nicht homogen verteilt, sondern innerhalb dreier Zonen sehr unterschiedlich. Dabei unterscheidet man eine obere, mittlere und untere Zone.

Obere Zone. In dieser Zone überschreitet der Alveolardruck den hier negativen Pulmonalarterien- druck, so daß die Blutgefäße kollabieren und keine Durchblutung stattfindet. Diese Zone erhält auch einen geringeren Anteil des Atemzugvolumens, weil die Alveolen dieses Bereichs ohnehin mehr Luft enthalten als die abhängigen Alveolen. Sie befinden sich daher im oberen Anteil der Druck-Volumen-Kurve, bei dem die Dehnbarkeit geringer ist als im mittleren Kurvenabschnitt. In diesem Abschnitt besteht eine relative Überbelüftung und Minderdurchblutung mit relativer Hypoxie und Hypokapnie.

Mittlere Zone. In dieser Zone ist der PAP positiv. Die Durchblutung beginnt, wenn der PAP den Alveolardruck überschreitet. Da in dieser Region der PAP linear von oben nach unten zunimmt, steigt auch die Durchblutung linear an. Die Belüftung nimmt ebenfalls zu; jedoch nicht so stark, wie die Durchblutung: das Belüftungs-Durchblutungs-Verhältnis nimmt ab.

Untere Zone. Im Bereich dieser Zone (Lungenbasis) sind PAP und Lungenvenendruck höher als der Alveolardruck. Das Kapillarbett ist offen, so daß kontinuierlich Blut fließen kann. Außerdem nimmt der Gefäßradius zu und der Gefäßwiderstand ab, so daß die Durchblutung weiter gesteigert wird. Die abhängigen Partien erhalten auch einen größeren Anteil des Atemzugvolumens als die oberen Partien, weil ihre Alveolen aufgrund des höheren (weniger negativen) intrapleuralem Drucks mehr komprimiert werden und kleiner sind, sich jedoch auf dem mittleren Abschnitt der Druck-Volumen-Kurve befinden und dadurch dehnbarer sind als die Alveolen der oberen Zone. Sie erweitern sich somit stärker pro Einheit Druckveränderung als die nichtabhängigen Alveolen. In der unteren Zone besteht eine relative Überperfusion der Lunge mit relativer Unterbelüftung, so daß diese Zone relativ hypoxisch und hyperkapnisch ist.

Rückenlage. Liegt ein wacher Patient auf dem Rücken, so wird das Zwerchfell durch Verlagerung der Baueingeweide um etwa 4 cm nach kranial in den Thorax verschoben. Hierdurch nimmt die FRC um etwa 0,8 l ab. In Allgemeinanästhesie wird die FRC um weitere 0,4 l reduziert. In beiden Fällen bleibt jedoch das Verhältnis zwischen Belüftung und Durchblutung in beiden Lungen unverändert. In Seitenlage ist diese Situation jedoch völlig anders.

Seitenlage des wachen Patienten. Liegt ein wacher Patient spontan atmend auf der Seite, so wird die Kuppel des unteren Zwerchfells höher in den Thorax verschoben als die obere Zwerchfellkuppel. Die FRC der unteren Lunge nimmt somit stärker ab als die der oberen. Da sich aber das untere Zwerchfell wegen der stärkeren Wölbung besser kontrahieren kann, wird bei Spontanatmung die untere Lunge immer besser belüftet als die obere Lunge. Dies erfolgt unabhängig davon, auf welcher Seite der Patient liegt. Außerdem wird die untere Lunge wegen der Einwirkung der Schwerkraft stärker durchblutet als die obere, so daß sich das Belüftungs-Durchblutungs-Verhältnis beider Lungen im Wachzustand nicht wesentlich ändert.

Seitenlage des narkotisierten Patienten. Beim narkotisierten spontan atmenden Patienten ändert sich die Verteilung der Lungendurchblutung im Vergleich zum wachen Patienten nicht. Die untere Lunge wird immer stärker durchblutet als die obere. Der wesentliche Unterschied besteht darin, daß die obere Lunge stärker belüftet wird als die untere. Dies resultiert aus einer weiteren Abnahme der FRC durch die Allgemeinanästhesie. Hierbei befindet sich dann die untere Lunge, deren FRC bereits beim wachen Patienten in Seitenlage stärker vermindert ist, auf dem unteren Abschnitt der Volumen-Druck-Kurve, auf dem die Alveolen weniger dehnbar sind. Wird der Patient zusätzlich relaxiert und kontrolliert beatmet, so wird die ursprüngliche positive Auswirkung der höher stehenden Zwerchfellkuppe der unteren Lunge wieder aufgehoben, weil sie sich nicht mehr aktiv kontrahieren kann. Außerdem lastet jetzt das Mediastinum auf der unteren Lunge und behindert deren Ausdehnung. Durch die bevorzugte Ventilation der oberen Lunge in Verbindung mit der verstärkten Perfusion der unteren Lunge wird das Verhältnis von Belüftung zu Durchblutung in ungünstiger Weise verändert. Allerdings kann durch die Anwendung von PEEP auf beide Lungen die Belüftung der unteren Lunge weitgehend normalisiert werden.

Offener Thorax in Seitenlage. Wird der Thorax des narkotisierten und beatmeten Patienten in Seitenlage eröffnet, so verändert sich die Durchblutung nicht wesentlich; die untere Lunge wird weiterhin stärker durchblutet als die obere. Hingegen wird die Verteilung der Belüftung zwischen den beiden Lungen erheblich beeinflusst, so daß eine weitere Zunahme der Inhomogenität von Ventilation und Perfusion entsteht. Würde der Patient bei offenem Thorax spontan atmen, so käme es hierbei zu einer Mediastinalverschiebung und zur paradoxen Atmung.

Die Mediastinalverschiebung entsteht durch den Atmosphärendruck, der nach Eröffnung der oberen Pleurahöhle auf dem Mediastinum lastet; diese Verschiebung wird durch die spontane Inspiration noch weiter verstärkt. Bei der Expiration wird das Mediastinum auf die Gegenseite verschoben. Die paradoxe Atmung entsteht dadurch, daß die Lunge aufgrund ihrer Retraktionskraft bei eröffnetem Thorax kollabiert. Dieser Kollaps wird durch die Inspirationsbewegung bei Spontanatmung verstärkt, weil durch das tiefertretende Zwerchfell mehr Luft aus der Umgebung in die Pleurahöhle eindringen kann. Außerdem tritt Atemgas aus der kollabierten Lunge in die untenliegende Lunge über, weil hier der negative Druck bei der Inspiration größer ist. Bei der Expiration kehren sich die Verhältnisse wieder um, und die Luft aus der unteren Lunge strömt in die kollabierete Lunge ein. Die Luft in der Pleurahöhle wird durch die Thorakotomie nach außen gedrängt.

Durch die kontrollierte Beatmung werden Mediastinalverschiebung und paradoxe Atmung beseitigt. Dennoch muß auch bei kontrollierter Beatmung mit Störungen des Belüftungs-Durchblutungs-Verhältnisses gerechnet werden. Da sich bei eröffnetem Thorax die obere Lunge ungehindert ausdehnen kann, wird sie relativ überventiliert und gleichzeitig relativ unterperfundiert. Die untere Lunge hingegen wird relativ unterventiliert und stärker perfundiert. Hierdurch wird die Ausbildung von Atelektasen begünstigt. Außerdem besteht eine Tendenz zur Flüssigkeitstranssudation und Ödembildung in der unteren Lunge. Alle diese Faktoren tragen dazu bei, daß der Gasaustausch in der unteren Lunge beeinträchtigt werden kann.

Durch selektive Anwendung eines positiv endexpiratorischen Drucks (PEEP) auf die untere Lunge kann deren Belüftung gesteigert und das Belüftungs-Durchblutungs-Verhältnis sowie der pulmonale Gasaustausch verbessert werden.

Allerdings kann durch den selektiven PEEP der pulmonale Gefäßwiderstand zunehmen, so daß mehr Blut zur oberen Lunge fließt. Gegenwärtig kann der Nutzen dieses Verfahrens noch nicht abschließend beurteilt werden; es sollte daher nur mit Zurückhaltung eingesetzt werden.

Beim narkotisierten, relaxierten und kontrolliert beatmeten Patienten ist somit unter den Bedingungen des offenen Thorax die obere Lunge gut belüftet, jedoch schlecht durchblutet. Hingegen ist die untere Lunge gut durchblutet, jedoch schlecht belüftet. Hierdurch können erhebliche Störungen des Belüftungs-Durchblutungs-Verhältnisses der Lunge mit nachfolgender Beeinträchtigung des pulmonalen Gasaustausches auftreten.

11.4.1.3 Präoperative Maßnahmen

Da das Risiko postoperativer Komplikationen (v. a. des respiratorischen Systems) nach Thoraxoperationen erhöht ist, sind umfangreiche prophylaktische Maßnahmen vor derartigen Eingriffen angezeigt. Diese umfassen Rauchverbot, Infektionskontrolle, Broncholyse, Sekretolyse, Atemübungen und Atemtherapie.

Die Prämedikation sollte stets individuell erfolgen. Bei guter Lungenfunktion kann sie nach den üblichen Richtlinien verordnet werden; bei restriktiven Lungenkrankungen ist jedoch die Gabe von atemdepressiven Medikamenten und bei chronisch-obstruktiven Lungenerkrankungen die Gabe von Anticholinergika (Sekreteindickung) zu vermeiden.

11.4.2 Anästhesieverfahren

Thoraxchirurgische Eingriffe werden ausschließlich in Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation durchgeführt. Zur Narkoseeinleitung eignen sich die üblichen intravenösen Narkotika. Die Aufrechterhaltung der Narkose erfolgt mit einem N_2O-O_2 (2:2)-Gemisch (kein Lachgas bei Lungenzysten, Hypoxie), unter Zusatz von Inhalationsnarkotika oder in Form der Neuroleptanästhesie. Inhalationsnarkotika erscheinen wegen ihres Einflusses auf den Bronchomotorentonus (Reduzierung), ihrer dämpfenden Wirkung auf die Atemwegsreflexe und wegen ihrer raschen Elimination besonders gut für die Anästhesie bei Thoraxoperationen geeignet. Zur Relaxierung sind sowohl dMR als auch ndMR mit Ausnahme von d-Tubocurarin gleichermaßen geeignet. Eine Besonderheit der Thoraxanästhesie ist die Ein-Lungen-Anästhesie.

11.4.2.1 Ein-Lungen-Anästhesie

Bei diesem Verfahren werden die beiden Lungen funktionell voneinander getrennt, so daß die zu operierende (obere) Lunge nicht beatmet wird und sich nicht bewegt, während die untere Lunge den gesamten Gasaustausch übernehmen muß. Die funktionelle Trennung erfolgt über einen doppellumigen Tubus, dessen eines oder anderes Lumen blockiert werden kann. Daraus ergeben sich einige pathophysiologische Veränderungen.

Pathophysiologie. Durch die Ein-Lungen-Beatmung entsteht ein intrapulmonaler Rechts-links-Shunt, da das Blut der nichtbelüfteten Lunge ungesättigt mit Sauerstoff zum linken Herzen zurückfließt. Daraus kann sich eine Hypoxämie entwickeln. Die Ausscheidung von CO_2 kann hingegen unverändert bleiben, weil dessen Abgabe von der anderen Lunge übernommen werden kann.

Hypoxie führt zur pulmonalen Vasokonstriktion. Hierdurch wird Blut aus den hypoxischen Bezirken der Lunge umgeleitet, so daß der intrapulmonale Rechts-links-Shunt abnimmt. In dieser Situation müssen alle Einflüsse vermieden werden, die den pulmonalen Gefäßwiderstand der belüfteten Lunge steigern (z. B. niedrige $F_{I}O_2$, PEEP, Hypothermie).

Grundsätzlich gilt, daß der pulmonale Gasaustausch bei konventioneller Beatmung beider Lungen während der Thorakotomie weniger beeinträchtigt ist, als bei der Ein-Lungen-Anästhesie.

Das Verfahren ist indiziert zur Infektionsverhinderung, bei Blutungen, bronchopulmonalen Fisteln und einseitigen Riesenzysten. Relative Indikationen bestehen bei thorakalen Aortenaneurysmen und bei der Pneumonektomie.

Die Durchführung der Ein-Lungen-Anästhesie kann mit Bronchusblockern oder Doppellumentubi erfolgen.

Bronchusblocker. Bronchusblocker werden v. a. bei Kindern eingesetzt, weil Doppellumentubi hierbei zu groß sind. Die genaue Platzierung der Endobronchialblocker kann nur mit Hilfe eines Bronchoskops erfolgen.

Doppellumentubi (s. 4.4.3.1). Diese Tubi werden blind in den entsprechenden Bronchus vorgeschoben. Die richtige Lage wird durch Blockierung und Entblockung in Kombination mit der Auskultation des Thorax überprüft. Alle Doppellumentubi besitzen eine proximale Blockmanschette für die Trachea und eine distale Blockmanschette für einen Hauptbronchus. Inzwischen sind eine Reihe verschiedener Doppellumentubi im Gebrauch.

Carlens-Tubus: Dieser Tubus dient zur Intubation des linken Hauptbronchus. Er liegt in den Größen Charr 35, 37, 39 und 41 F vor.

White-Tubus: Dieser Tubus ist eine Modifikation des Carlens-Tubus und dient zur Intubation des rechten Hauptbronchus. Der distale Cuff enthält eine Öffnung zur Belüftung des rechten Oberlappens.

Brice-Smith-Tubus: Dieser Tubus ist ebenfalls eine Modifikation des Carlens-Tubus. Er besitzt keinen Karinahaken. Er wird ebenfalls in zwei Modifikationen (für den rechten und linken Hauptbronchus) angeboten.

Robertshaw-Tubus: Dieser Tubus ist das am häufigsten verwendete Modell von Doppellumentubi. Die Lumina sind D-förmig, liegen seitlich nebeneinander und sind größer als bei anderen Modellen. Ein Karinahaken fehlt. Der Tubus besitzt zwei Krümmungen, mit denen die endobronchiale Intubation erleichtert wird. Auch dieser Tubus wird in zwei Ausführungen (rechter und linker Bronchus) und in drei Größen hergestellt.

In der Praxis hat es sich bewährt, den linksseitigen Doppellumentubus für alle Operationen mit Ein-Lungen-Anästhesie zu verwenden, weil damit am zweckmäßigsten allen Anforderungen entsprochen werden kann. Robertshaw-Tuben werden so eingeführt, daß die Konkavität der Tubusspitze vorn liegt. Sobald die Tubusspitze die Stimmbänder passiert hat, wird der Tubus um 90° gedreht. Wenn ein mäßiger Widerstand zu spüren ist, liegt die Tubusspitze im gewählten Hauptbronchus. Nach Blockierung der Bronchusmanschette darf nur die ausgewählte Lunge belüftet sein.

Beatmung bei Ein-Lungen-Anästhesie. Zu Beginn der Ein-Lungen-Anästhesie wird die untere Lunge mit einem Atemzugvolumen von etwa 8–10 ml/kg KG beatmet, die Atemfrequenz wird nicht verändert. Der Beatmungsdruck steigt in der Regel an, der $p_a\text{CO}_2$ bleibt jedoch etwa gleich. Für die Zeit der einseitigen Beatmung müssen hohe inspiratorische Sauerstoffkonzentrationen eingestellt werden; die arteriellen Blutgase sind wiederholt zu kontrollieren.

Monitoring. Grundsätzlich sollten bei Thoraxoperationen arterieller Blutdruck, EKG, Körpertemperatur, $F_i\text{O}_2$ und die Herztöne mit einem präkordialen oder Ösophagusstethoskop überwacht werden. Bei Risikopatienten ist die intraarterielle Blutdruckmessung, die Messung des ZVD, u. U. die Messung des PAP, die Blutgasanalyse, die endexpiratorische CO_2 -Konzentration und die Messung des Harnvolumens zu empfehlen.

11.4.3 Operationsspezifische Besonderheiten

Thoraxchirurgische Operationen umfassen Eingriffe an der Lunge, der Pleura und dem Mediastinum. Topographisch gesehen müßten auch die Herzoperationen den Thoraxeingriffen zugeordnet werden. Da die Herzchirurgie jedoch eine Spezialdisziplin der operativen Medizin bildet, wird sie gesondert besprochen.

11.4.3.1 Operationen an Lunge und Pleura

Pneumonektomien, Lobektomien, Segmentresektionen und Tumorenukleationen sind die häufigsten operativen Eingriffe an Lunge und Pleura. Alle Thoraxoperationen beinhalten das Problem des offenen Thorax, der Seitenlagerung und konsekutiv der Störung des Ventilations-Perfusions-Verhältnisses, sowie das Problem der Sekretverschleppung und der schweren Hämorrhagie.

Anästhesieverfahren. Allgemeinanästhesie in endotrachealer Intubation; Inhalationsnarkotika eignen sich besser als die Analgetikasupplementierung. Postoperative Interkostalblockade zur Ausschaltung einer schmerzbedingten Hypoventilation ist anzuraten.

Besonderheiten. Durch die in der Regel erforderliche Seitenlagerung kommt es zur Störung des Ventilations-Perfusions-Verhältnisses (s. 11.4.1.2). Dabei wird die untere Lunge stärker durchblutet, die obere besser belüftet. Generell wird die frei bewegliche Lunge überventiliert. Unter operativen Bedingungen ist jedoch die obere Lunge durch Haken, Thoraxsperrer und chirurgische Manipulationen in ihrer Beweglichkeit behindert, so daß eine Überventilation nur selten möglich ist. Die Seitenlagerung behindert außerdem den venösen Rückfluß und kann u. U. für neurogene Komplikationen (z. B. Plexus-brachialis-, N.-radialis-, N.-ulnaris- und N.-peroneus-Läsionen) verantwortlich sein. Jede Thorakotomie kann mit einem Abfall des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks in hypoxische Bereiche verbunden sein, auch wenn die inspiratorische Sauerstoffkonzentration auf 50% oder mehr erhöht ist. Häufige Blutgasanalysen sind deshalb angezeigt.

Sekretverschleppungen innerhalb des Bronchialtrakts können zu einem weiteren – den postoperativen Verlauf erschwerenden – Problem werden. Vor allem bei infizierten, aber auch bei sekretreichen Lungen sollten spezielle Endotrachealkatheter und Bronchusblocker (z. B. Carlens, White, Bronchocath) verwendet werden, die eine optimale Bronchialtoilette ermöglichen. Grundsätzlich sind alle Sekrete aus dem Bronchialtrakt mehrfach und nachhaltig – unter Absprache mit dem Operateur – abzusaugen, um Atelektasen und spätere Infektionen von vornherein auszuschließen.

Blutungsprobleme können auftreten, wenn Interkostalarterien und Lungengefäße verletzt worden sind. Da diese Blutungen mitunter ein größeres Ausmaß annehmen können, sollten vor Thorakotomien mindestens 2–3 Blutkonserven ausgekreuzt werden.

Die künstliche Beatmung muß sich dem Operationsverlauf anpassen (kleinere Atemzugvolumina), um Lungenverletzungen – insbesondere bei Eröffnung des Thorax – auszuschließen. Unter Umständen ist die künstliche Beatmung manuell durchzuführen. Mitunter erfordern bestimmte Operationsperioden (Präparation an Gefäßen, am Bronchus, Bronchusnaht) die absolute Ruhigstellung des Operationsgebiets und damit Apnoe. Wenn nicht eine seitengetrennte Ventilation mittels Spezialtubus möglich ist, sollte vor diesen Operationsperioden eine Hyperventilation mit 100%igem O₂ durchgeführt werden. Der Beatmungseffekt sollte durch wiederholte Blutgasanalysen überprüft werden.

Vor Verschuß des Thorax müssen beide Lungen maximal gebläht werden.

Die postoperative Schmerzbekämpfung ist ein wesentlicher Beitrag zum Operationserfolg, weil sie eine ausreichende Lungenventilation ermöglicht und darüber hinaus als Bestandteil einer Pneumonieprophylaxe bezeichnet werden kann. Nach Möglichkeit sollten bereits bei Beendigung der Operation interkostale Nervenblockaden mit Lokalanästhetika durchgeführt werden; diese Maßnahme trägt auch wesentlich zu einer Reduzierung des Analgetikabedarfs bei.

Die Extubation sollte beim ausreichend spontan atmenden Patienten nach maximaler Lungenblähung so früh wie möglich erfolgen, damit die Bronchusstumpfnähte durch die Überdruckbeatmung nicht belastet werden. Im postoperativen Verlauf ist die Indikation zur Nachbeatmung großzügig zu stellen. Nur nach Bronchusresektion muß die Indikation zur postoperativen Respirationstherapie sehr kritisch gestellt werden (Gefahr der Nahtinsuffizienz). Die Thoraxdrainage wird entweder noch am Op-Tisch angeschlossen oder durch Abklemmen während des Transports verschlossen. Besteht die Gefahr eines Spannungspneumothorax (z. B. Lobektomie), sollte der Patient sicherheitshalber unter künstlicher Beatmung mit geöffneten Thoraxdrainagen in den Aufwachraum transportiert werden, wobei die Prinzipien der Sterilität nicht vernachlässigt werden dürfen. Postoperativ ist die Saugdrainage des Thorax (3–5 cm H₂O bei Pneumektomie sowie 10–15 cm H₂O bei Lobektomie) erforderlich. Die postoperative Röntgenkontrolle des Thorax ist obligatorisch.

Massive Lungenblutung. Da die unbehandelte massive Lungenblutung zur Hypovolämie und zum Erstickungstod führt, ist ein sofortiges Handeln erforderlich. Dabei stehen die sofortige endotracheale Intubation und die Volumenersatztherapie im Vordergrund. Bei einseitiger Blutung sollte

nach Möglichkeit ein Doppellumentubus eingeführt werden, um die blutende Lunge abzublocken. Solange größere Mengen Blut endobronchial abgesaugt werden können, ist der Patient mit 100%igem O₂ zu beatmen. Wiederholte Blutgasanalysen bestimmen das weitere Vorgehen.

Luftzysten, Luftblasen. Luftzysten entstehen meist auf der Basis eines Emphysems. Es ist davon auszugehen, daß es sich bei diesen Patienten um chronisch Lungenkranke handelt. Auf N₂O sollte verzichtet werden, damit die Blasen oder Zysten nicht weiter ausgedehnt werden. Ebenso ist besondere Vorsicht bei Überdruckbeatmung geboten, da jederzeit Rupturen möglich sind und damit die Gefahr des Spannungspneumothorax besteht.

Bronchopleurale Fisteln. Bronchopleurale Fisteln finden sich häufig bei Lungenabszessen und bei Zerreißung des Lungenparenchyms.

Wenn die Fistel klein ist, kann in der Regel mit einem konventionellen Tubus intubiert und kontrolliert beatmet werden. Bei größeren Fisteln sollte jedoch ein Doppellumentubus verwendet und eine einseitige Beatmung durchgeführt werden.

11.4.3.2 Operationen am Mediastinum

Zu den operativen Eingriffen am Mediastinum zählen die Thymektomie (s. 11.2.3.2), die Exzision von Ösophagusdivertikeln, die Ösophagusresektion und die Trachearesektion. Der Zugang zum Mediastinum erfolgt in der Regel nach Sternotomie oder nach rechtsseitiger Thorakotomie. Da in der postoperativen Phase mit Störungen der Atmung zu rechnen ist, sollten im Rahmen der Operationsvorbereitung auch Lungenfunktions- und Blutgasanalysen durchgeführt werden.

Anästhesieverfahren. Allgemeinanästhesie in endotrachealer Intubation; Inhalationsnarkotika geeigneter als intravenöse Narkotika.

Besonderheiten. Operationen im Mediastinum beinhalten die Problematik des offenen Thorax (s. 11.4.3.1). In der postoperativen Phase sind Maßnahmen erforderlich, mit denen Pneumothorax, Mediastinalemphysem oder pulmonale Komplikationen ausgeschlossen werden können.

Ösophagusdivertikel. Bei den Ösophagusdivertikeln handelt es sich am häufigsten um ein Zenker-Divertikel. Es entsteht im oberen Ösophagus und wird durch Regurgitation von zuvor aufgenommener Nahrung deutlich. Bei der Einleitung der Anästhesie ist besondere Vorsicht auf die Vermeidung einer Aspiration zu legen. Die Operation wird meist in zwei Phasen durchgeführt. Zunächst erfolgt eine Mobilisation des Divertikels. Nach Bildung von Granulationsgewebe wird das Divertikel exziiert.

Ösophagusresektion. Ösophagusresektionen werden v.a. beim Ösophaguskarzinom durchgeführt. Die Tumورlänge ist ein gutes prognostisches Kriterium. Nur 10% der Tumoren betragen unter 5 cm in ihrer Längenausdehnung und weisen dennoch bereits in 50% der Fälle Lymphknotenmetastasierung auf. Als Operationsprinzipien werden die totale Ösophagektomie und die Segmentresektion eingesetzt. Die Rekonstruktion kann einzeitig oder zweizeitig durch Magenhochzug bzw. Koloninterposition erfolgen. Wenn immer es der Allgemeinzustand erlaubt, sollte der Eingriff einzeitig durchgeführt werden. Nach Segmentresektion kann der Defekt durch Hautschlauch oder freies Darmtransplantat (Jejunum, Sigma) überbrückt werden.

Neben der Laparotomie ist beim zervikalen Karzinom eine zervikale Freilegung, beim thorakalen eine rechtsseitige Thorakotomie erforderlich. Für den Magenhochzug ist in der Regel eine Splenektomie erforderlich. Die Lagerung des Patienten auf dem Operationstisch zur abdomino-rechts-thorakalen Resektion ist in Abb. 11.3 dargestellt.

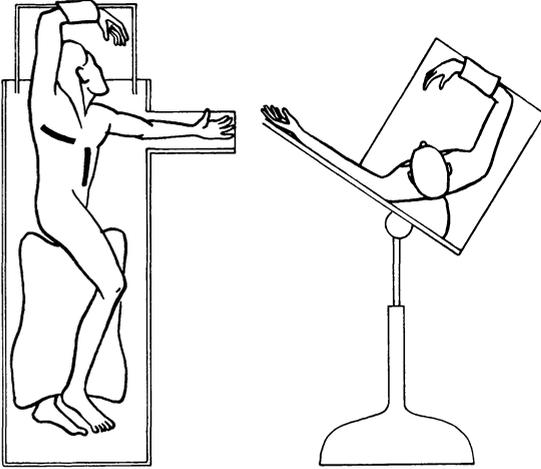


Abb. 11.3. Lagerung zur abdomino-rechtsthorakalen Resektion

Trachearesektion und -rekonstruktion. Diese Operationen sollten nur dann durchgeführt werden, wenn davon ausgegangen werden kann, daß der Patient nicht postoperativ nachbeatmet werden muß (endotracheale Intubation und Überdruckbeatmung erhöhen Gefahr der Nahtinsuffizienz). Das schwierigste anästhesiologische Problem besteht in der Atemwegsfreihaltung und der Aufrechterhaltung eines ausreichenden Gasaustausches. Zur Vermeidung einer postoperativen Ateminsuffizienz sind atemdepressive Pharmaka deshalb bei Prämedikation, Narkose und im postoperativen Verlauf auszuschließen. Alle Hilfsmittel zur Behebung einer Trachealobstruktion sind bereitzustellen (Spatel, Tubi, Fiberoptikbronchoskop, Tracheotomiebesteck). Für den Anästhesisten empfiehlt sich die orotracheale Standardintubation, wobei der Tubus bis unterhalb der Resektionsstelle reichen sollte. Die Aufrechterhaltung der Narkose sollte am besten mit einem Inhalationsnarkotikum erfolgen. Nach Möglichkeit sollte die Spontanatmung aufrechterhalten werden; ist dies nicht möglich, sollten zumindest MR äußerst sparsam verabreicht werden. Als Beatmungsmethode hat sich die Hochfrequenzbeatmung bewährt. In Abhängigkeit von der Lokalisation der Trachealäsion ist ein unterschiedliches Vorgehen zu empfehlen.

Trachearesektion. Orotracheale Intubation oberhalb der Läsion. Nach Eröffnung der Trachea zweiter Tubus distal der Läsion in die Trachea und diesen blocken.

Nach Anlegen der Nähte für die hintere Anastomose Entfernung des zweiten Tubus und Verschieben des ersten Tubus über die Nahtstelle hinaus.

Karinaläsion. Zunächst Intubation oberhalb der Läsion. Danach linksseitige endobronchiale Intubation distal der Läsion nach Durchtrennung des linken Hauptstammbronchus. Danach Anastomosierung der Trachea mit dem rechten Hauptstammbronchus, dann Entfernen des linken Endotrachealtubus und Anastomosierung des linken Hauptstammbronchus mit der Trachea; hierbei Beatmung über den ersten Tubus.

Alle diese Maßnahmen werden erleichtert durch eine der Intubation vorausgehende Bronchoskopie, ausreichende Beugung des Kopfes (Entlastung der Trachealnaht) und kontinuierliche Kooperation mit dem Operateur.

Postoperative Probleme nach Thorakotomie. In der postoperativen Phase kann es zu massiven Blutungen (insbes. bei Lösung der Ligatur eines Pulmonalgefäßes), zum Spannungspneumothorax (insb. bei Ausriß des Bronchusstumpfes) und zur Herniation des Herzens (insb. bei unzureichendem Verschluss des Perikards) kommen. In allen Fällen ist nur die sofortige Rethorakotomie lebensrettend.

Weitere Gefahren der Thorakotomie liegen in einem zunehmenden Alveolarkollaps, in der Abnahme von TLC, RV, FRC, einer Störung des Ventilations-Perfusions-Verhältnisses, der Ausbildung eines intrapulmonalen Rechts-links-Shunts, der Zunahme der Atemarbeit und der Sekretretention. Deshalb sind prophylaktische Maßnahmen (Physiotherapie, Atemübungen, Lagerungsdrainagen, Sauerstoffapplikation und Schmerztherapie) von entscheidender Bedeutung für den postoperativen Verlauf.

11.5 Herzchirurgie

Operative Eingriffe am Herzen können bei angeborenen oder erworbenen Herzerkrankungen erforderlich werden. Herzklappenfehler (z. B. Mißbildungen, rheumatische Erkrankungen), Herzwanddefekte (z. B. Fehlbildungen) und Gefäßberkrankungen (z. B. Anomalien, Koronarsklerose) sind die häufigsten Ursachen für Herzerkrankungen. In den Aufgabenbereich der Herzchirurgie gehören auch die Korrekturoperationen bei angeborenen Gefäßanomalien (z. B. Aortenisthmusstenose, Ductus Botalli) [221, 431]. Wenngleich einige Herzerkrankungen ohne den Einsatz der Herz-Lungen-Maschine (HLM) operativ korrigiert werden können (z. B. Mitralstenose, Herzrhythmusstörungen), ist für die operative Behandlung des überwiegenden Anteils dieser Erkrankungen der Einsatz einer HLM erforderlich.

11.5.1 Operationsvorbereitung

Patienten, die am Herzen operiert werden müssen, sind in der Regel kardiologisch gut voruntersucht und entsprechend vorbehandelt. Der Anästhesist sollte sich ausreichende Informationen über Anamnese, Krankheitsverlauf, Pathophysiologie der zugrundeliegenden Erkrankung, bisherige Therapieverfahren und die aktuellen Untersuchungsbefunde verschaffen. Insbesondere die Ergebnisse der Herzkatheteruntersuchung, des Koronarangiogramms und der Laboruntersuchungen liefern wertvolle Informationen für das weitere Vorgehen. Neben den üblichen Untersuchungen sollten die Blutgase, der Gerinnungsstatus, die Lungenfunktion, die Nierenfunktion sowie spezielle kardiologische Untersuchungsbefunde (z. B. Hämodynamik, Kontraktilität, Koronarzustand) bekannt sein. Digitalispräparate sollten etwa 24 h vor einer Herzoperation abgesetzt werden, da insbesondere nach kardiopulmonalem Bypass eine erhöhte Empfindlichkeit des Myokards gegenüber den toxischen Wirkungen von Digitalis besteht. Lediglich bei Vorhofflimmern mit schneller Überleitung wird Digitalis belassen. Das Vorgehen bei Patienten mit β -Blocker-Therapie wird unterschiedlich diskutiert. Es erscheint ratsam, bei Patienten mit Zeichen der Herzinsuffizienz β -Blocker präoperativ abzusetzen, wenn keine Angina pectoris, Hypertonie oder Arrhythmie vorliegt. Nitrate, Antihypertensiva und Antiarrhythmika sollten nicht abgesetzt werden. Hingegen sollten Diuretika und Antikoagulanzen mindestens 2 Tage vor dem operativen Eingriff nicht mehr verabreicht werden. Der Patient sollte präoperativ der Physiotherapie und Beatmungsinhalation zugeführt werden. Etwa 10 Einheiten ausgekreuzten Blutes sind bereitzuhalten.

Die Prämedikation des herzchirurgischen Patienten ist individuell vorzunehmen, abhängig vom pathophysiologisch-kardialen und psychischen Zustand sowie vom Alter und Gewicht. Bei Patienten mit eingeschränkter Myokardfunktion oder Klappenfehlern ist in der Regel eine geringer dosierte Prämedikation ausreichend. Patienten mit koronarer Herzerkrankung benötigen häufiger eine höhere Dosierung der zur Prämedikation verwendeten Pharmaka (Angst steigert myokardialen O_2 -Verbrauch). Die Wahl der Medikamente an sich scheint nur geringe Bedeutung zu besitzen. Es liegen gute Erfahrungen mit Benzodiazepinen (z. B. Diazepam, Flunitrazepam, Midazolam) vor. Bei Patienten mit Vorhofflimmern und ausgeprägter Koronarsklerose sollte Atropin durch Scopolamin ersetzt oder auf Anticholinergika ganz verzichtet werden.

Für Kinder hat sich eine Prämedikation mit Pentobarbital (1 mg/kg KG i. m.) am Abend vor der Operation sowie Morphin (0,11 mg/kg KG i. m.) oder Pethidin (1 mg/kg KG) und Scopolamin (0,007 mg/kg KG) am Operationsmorgen bewährt. Gute Erfahrungen liegen auch mit Flunitrazepam in Tropfenform vor.

Im Einleitungsraum sollten alle für die Reanimation erforderlichen medikamentösen und apparativen Hilfsmittel funktionsbereit vorhanden sein. Jede Operation am Herzen erfordert neben den üblichen Überwachungsverfahren durch EKG einen arteriellen Zugangsweg (A. radialis; bei Aorten Chirurgie rechts wegen evtl. Durchblutungsminderung der A. subclavia bei Aortenklappenstenose; generell sollte die arterielle Kanülierung nicht auf der Seite erfolgen, die zur Herzkatheteruntersuchung verwendet wurde), einen zentralen Venenzugang (V. jugularis externa oder interna), u. U. bei besonders hohem Risiko einen Pulmonalarterienkatheter (insbes. bei Patienten mit ausgeprägter Myokardinsuffizienz, PCWP > 18–20 mm Hg oder bei denen postoperativ Komplikationen erwartet werden), wiederholte Blutgasanalysen, kontinuierliche Temperaturmessungen (Ösophagussonde) sowie Magensonde und Harnblasenkatheter.

11.5.2 Anästhesieverfahren

Operative Eingriffe am Herzen und den herznahen Gefäßen erfordern die Allgemeinanästhesie. Lediglich die Implantation von Herzschrittmachern kann auch in Regionalanästhesie durchgeführt werden. Eine Akupunkturanalgesie hat sich wegen der damit verbundenen Herzfrequenzsteigerung und den daraus folgenden Risiken *nicht* bewährt.

Es gibt kein absolut ideales Anästhesieverfahren für Herzoperationen, wenngleich eine Reihe von Anästhetika und Methoden bevorzugt für diese Eingriffe geeignet erscheinen. Entscheidend für die Auswahl des Anästhesieverfahrens ist die persönliche Erfahrung des mit der Durchführung der Anästhesie beauftragten Anästhesisten. Es liegen eine Vielzahl von Anweisungen über Einleitung und Aufrechterhaltung einer Narkose bei herzchirurgischen Patienten vor. Besonders empfohlen wird die Kombination von Opioiden mit Inhalationsnarkotika. Für den Erwachsenen scheinen Opiode und Hypnotika die am besten geeigneten Pharmaka zu sein, da sie sowohl am Myokard als auch am Gefäßsystem die geringsten Auswirkungen zeigen. Bei Kindern sind Inhalationsnarkotika als besser geeignet zu bezeichnen. Die intravenöse Einleitung erfolgt nach Vorgabe einer geringen Dosis ndMR entweder mit einem Analgetikum (Fentanyl 0,007 mg/kg KG) oder einem Hypnotikum (Thiopental 1,5–2,5 mg/kg KG, Etomidate 0,2 mg/kg KG in einer Geschwindigkeit von $\frac{1}{3}$ der Gesamtdosis/min). Dabei eignet sich Thiopental v. a. für Patienten mit guter Myokardfunktion, während Etomidate bei Kranken mit eingeschränkter Myokardfunktion bevorzugt wird. Kinder werden in der Regel mit steigenden Dosen eines Inhalationsnarkotikums eingeleitet.

Tachykardie und Blutdruckanstieg bei der Intubation lassen sich durch keine Methode allein sicher vermeiden. Bei besonderer Gefährdung des Patienten (z. B. Mitralklappenstenose) kann zusätzlich zur Vorgabe von Fentanyl die Aussprühung des Larynx mit Lidocain erfolgen. Die Muskelrelaxierung erfolgt durch Succinylcholin oder Pancuronium. Gallamin sollte wegen seiner kardialen Nebenwirkungen (Tachykardie) nicht verwendet werden.

Bei der Gefahr eines Lungenödems wird der Oberkörper des Patienten vor der Narkoseeinleitung leicht aufgerichtet.

Die künstliche Beatmung mit einem N_2O - O_2 -Gemisch (2:2 l/min) wird mit leichter Hyperventilation durchgeführt ($p_aCO_2 \sim 35$ /min). Die Aufrechterhaltung der Narkose kann erfolgen durch fraktionierte Dosen von Fentanyl (0,0015 mg/kg KG) oder Hypnotika (Benzodiazepine, Inhalationsnarkotika). Die Muskelrelaxation erfolgt bevorzugt mit Pancuronium (0,01 mg/kg KG).

11.5.3 Operationsspezifische Besonderheiten

Viele Operationen am Herzen oder den großen Gefäßen können nur am nichtschlagenden Herzen durchgeführt werden. Die Sauerstoffversorgung des Organismus muß dann durch eine Herz-Lungen-Maschine (HLM) übernommen werden. Dieser Vorgang wird als extrakorporale Zirkulation oder kardiopulmonaler Bypass bezeichnet. Dabei fließt das gesamte systemische Venenblut aus den beiden Hohlvenen in ein Reservoir der HLM, von wo es nach Anreicherung mit Sauerstoff und Elimination von Kohlensäure in die Aorta oder die A. femoralis zurückgeführt wird. Aufbau und Funktion der HLM sowie physiologische und pathophysiologische Besonderheiten der extrakorporalen Zirkulation sind für die Durchführung von Anästhesien bei Eingriffen mit der HLM unbedingte Voraussetzung.

11.5.3.1 Aufbau der HLM

Die HLM besteht aus dem Oxygenator, dem Wärmeaustauscher, mehreren Pumpen, Filter und Schlauchsystemen (Abb. 11.4).

Oxygenator. Der Oxygenator funktioniert als künstliche Lunge; er ermöglicht die Abgabe von CO_2 aus dem Venenblut und die Anreicherung desselben mit O_2 . In klinischer Verwendung sind Scheiben-, Membran- und Dispersionsoxygenatoren.

Beim Scheibenoxygenator erfolgt die Oxygenierung des Blutes nach Eintauchen der distalen Scheibenanteile in den venösen Blutvorrat; bei der Rotation wird ein dünner Blutfilm auf den Scheiben erzeugt, der mit Sauerstoff beladen wird. Zwar ist der Oxygenierungseffekt hoch und die Bluttraumatisierung gering, jedoch sind die Wartungsarbeiten sehr aufwendig. Der Membranoxygenator ahmt mit Hilfe einer Silikongummimembran die physiologischen Bedingungen der Lungenatmung nach, wobei die eine Seite den lufthaltigen Alveolen, die andere Seite dem Kapillarbett entspricht. Da die Traumatisierung des Blutes sehr gering ist, eignet sich diese Oxygenatorart besonders für Langzeitperfusionen.

Der Dispersionsoxygenator ist der am häufigsten verwendete Typ. Dabei werden vom Boden des Vorratsgefäßes her die beiden Atemgase O_2 und CO_2 eingeblasen und somit eine intensive Sauerstoffbeladung des Blutes erzeugt. Allerdings entsteht bei diesem Vorgang Schaum, der vor der Einleitung des Blutes in das arterielle System des Patienten wieder entfernt werden muß. Dies erfolgt im Filter. In der Regel werden etwa 6 l O_2 /min in das Blut eingeblasen. Um einen zu starken Abfall des p_aCO_2 (Gefahr der zerebralen Vasokonstriktion) zu vermeiden, wird gleichzeitig 3–5%iges CO_2 in den Oxygenator geleitet.

Wärmeaustauscher. Da viele Oxygenatoren nur 150–250 ml O_2 /min aufnehmen können, der Sauerstoffbedarf des Organismus in Normothermie und Ruhe jedoch bei 250–300 ml O_2 /min liegt, muß der Sauerstoffbedarf des Patienten künstlich gesenkt werden. Dies ist möglich durch Reduzierung der Körpertemperatur (Hypothermie, s. 6.8.2), die mit dem Wärmeaustauscher erzeugt wird. Andererseits verursacht das relativ lange Schlauchsystem der extrakorporalen Zirkulation (> 2 m) einen

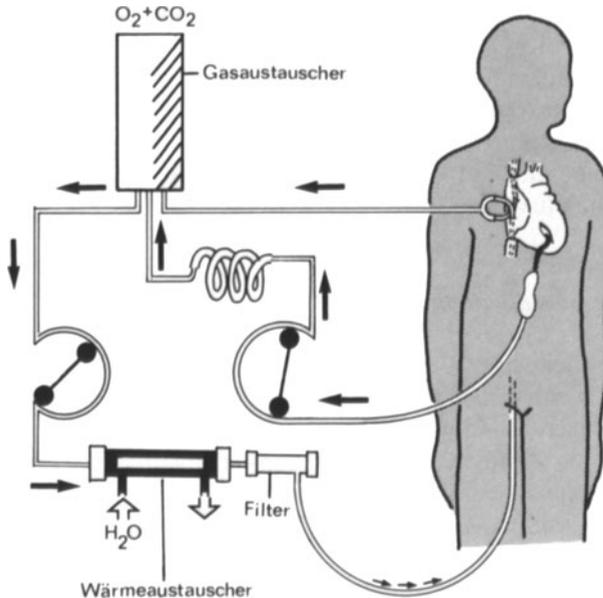


Abb. 11.4. Schematische Darstellung des Aufbaus und der Funktion einer HLM

nicht unerheblichen Wärmeverlust, der entsprechend ausgeglichen werden muß. Die Kühlung der Perfusionsflüssigkeit senkt in relativ kurzer Zeit die Körpertemperatur des Patienten; ebenso kann vor Beendigung der extrakorporalen Zirkulation die Körpertemperatur des Patienten wieder normalisiert werden. Abkühlung und Erwärmung der Perfusionsflüssigkeit erfolgen mit Wasser.

Pumpen. Der Rücktransport des Blutes in den arteriellen Kreislauf erfolgt in der Regel durch Rollenpumpen, die einen kontinuierlichen, nichtpulsatilen Blutfluß erzeugen. Dabei pressen die Rollen den mit Blut gefüllten Schlauch aus und bewirken somit den Vorwärtstransport der Blutsäule im Schlauchsystem. HLM besitzen Pumpen für den arteriellen Einstrom, für die Absaugung des Blutes aus der Herzkammer („Vent“) und für die Absaugung von Blut aus dem Operationsgebiet („Koronarsauger“). Die Pumpvorgänge verursachen Schädigungen der Perfusionsflüssigkeit, die insbesondere als Hämolyse sichtbar werden.

Filter- und Schlauchsystem. Der überwiegende Teil der in der Perfusionsflüssigkeit enthaltenen Partikel (z. B. Erythrozytenfragmente, Thrombozyten- und Leukozytenaggregate, Luft usw.) wird durch Filter auf der arteriellen Seite der HLM vor einem möglichen Eintritt in das arterielle Gefäßsystem des Patienten zurückgehalten. Somit ist weitgehend sichergestellt, daß Fremdkörperembolien vermieden werden. Aus diesem Grunde müssen auch die Schlauchsysteme inert sein und den Kräften der Rollenpumpen widerstehen können, ohne zu zerreißen oder Partikel freizusetzen.

11.5.3.2 Physiologie und Pathophysiologie der extrakorporalen Zirkulation

Mit der Übernahme der Blutversorgung der Gewebe durch ein künstliches System muß sichergestellt sein, daß ein ausreichender Substrataustausch erfolgt und andere Störungen der Homöostase vermieden werden. Diese betreffen v. a. Probleme der Blutgerinnung und der Myokardprotektion.

Sauerstoffversorgung. Zur kontinuierlichen Versorgung des Gefäßsystems mit Blut während der extrakorporalen Zirkulation benötigt die HLM eine ausreichende Füllung mit Perfusionsflüssigkeit. In der Regel sind in Abhängigkeit von der Körperoberfläche des Patienten etwa 2–4 l Perfusionslösung zur primären Füllung der HLM ausreichend, um bei Unterbrechung des venösen Rückstroms keine Störung der Blutversorgung oder anderer Komplikationen (z. B. Luftembolie) beim perfundierten Organismus auszulösen. Als Perfusionslösungen werden in der Regel zellfreie Volumenersatzmittel (z. B. 5%ige Glukose-, 0,9%ige Kochsalz-, Ringerlaktat-, Albumin-, Dextran- oder HydroxyäthylstärkeLösung) verwendet, um die Vorteile der Hämodilution (Hkt < 30%) zu nutzen. Unter den Bedingungen der Hämodilution ist eine ausreichende Sauerstoffversorgung des Organismus jedoch nur dann möglich, wenn das HZV entsprechend gesteigert werden kann. Dies ist mit der HLM nur eingeschränkt möglich; es müssen deshalb zusätzliche Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden, um den Organismus nicht in ein Sauerstoffdefizit gelangen zu lassen. Auch dafür ist die kontinuierliche Hypothermie (s. 6.8.2) geeignet.

Gerinnungsprobleme. Die extrakorporale Zirkulation erfordert die vollständige Aufhebung der Blutgerinnung durch Heparin (2–3 mg/kg KG). Da die Halbwertszeit des Heparins etwa 90 min beträgt, muß bei längeren Bypasszeiten etwa $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{2}$ der Initialdosis von Heparin in die HLM verabreicht werden. Nach Beendigung des kardiopulmonalen Bypass und nach Entfernung der Kanülen wird die Blutgerinnung durch Protamin [1- bis 1,3fache Menge (mg) des verabreichten Heparins] wiederhergestellt. Ist die Protamindosis zu gering, bleiben PTT und TZ verlängert; ist die Protamindosis zu hoch, bleibt die PTT zwar verlängert, jedoch nicht die TZ. Protamin sollte langsam verabreicht werden, da es erhebliche kardiovaskuläre Depressionen bewirken kann.

Myokardprotektion. Da das Myokard während der extrakorporalen Zirkulation nicht perfundiert wird, die myokardialen Stoffwechselprozesse weiterlaufen und der operative Eingriff zusätzliche traumatische Schäden verursachen kann, sind entsprechende Schutzmaßnahmen für den Herzmuskel erforderlich. Eine Myokardprotektion ist durch direkte Hypothermie oder durch Ruhigstellung des Herzmuskels möglich. Insbesondere die Infusion sog. Kardioplegielösungen in das Koronarsystem verbessert die Ischämietoleranz des Herzmuskels, da diese Lösung eine sofortige und anhaltende Unterbrechung der elektrischen und mechanischen Aktivität des Herzens (Herzmuskel verbleibt in diastolischer Ruhestellung) bewirkt. Am häufigsten werden hyperkaliämische Lösungen (insbes. die Lösung nach Bretschneider) zur Kardioplegie verwendet.

11.5.3.3 Methoden der extrakorporalen Zirkulation

Mit der HLM können verschiedene Methoden der extrakorporalen Zirkulation durchgeführt werden, von denen totaler kardiopulmonaler Bypass, partieller Bypass, linker atriofemoraler Bypass, femorofemoraler Bypass, Linksherzbypass und Rechtsherzbypass klinisch eingesetzt werden.

Totaler kardiopulmonaler Bypass. Beim totalen kardiopulmonalen Bypass fließt das gesamte Blut aus den zentralen Venen in die HLM und wird von dort nach dem Gasaustausch in eine große Arterie des Körpers (Aorta, A. femoralis) zurückgeführt. Herz und Lunge sind in dieser Phase aus der normalen Zirkulation ausgeschaltet (Abb. 11.5). Die Lunge des Patienten wird in dieser Phase nicht ventiliert, allerdings durch einen geringen Gasfluß leicht gebläht.

Partieller Bypass. Beim partiellen Bypass kann ein Teil des venösen Blutes noch über das rechte Herz in den Lungenkreislauf sowie über den linken Ventrikel in den systemischen Kreislauf fließen. Die Pumpfunktion des Herzens besteht in dieser Phase weiter. Der restliche Anteil des Blutes fließt in die HLM und wird dort nach Oxygenierung in den Systemkreislauf geleitet (Abb. 11.6). Während dieser Phase wird in der Regel mit der Kühlung des Patienten begonnen und der „Vent“ in den linken Ventrikel eingeführt. Der partielle Bypass ist sowohl eine Übergangsphase vor und nach dem totalen Bypass als auch eine Unterstützungsmaßnahme für das unzureichend fördernde Herz nach dem operativen Eingriff. Beim partiellen Bypass werden die Lungen des Patienten ventiliert.

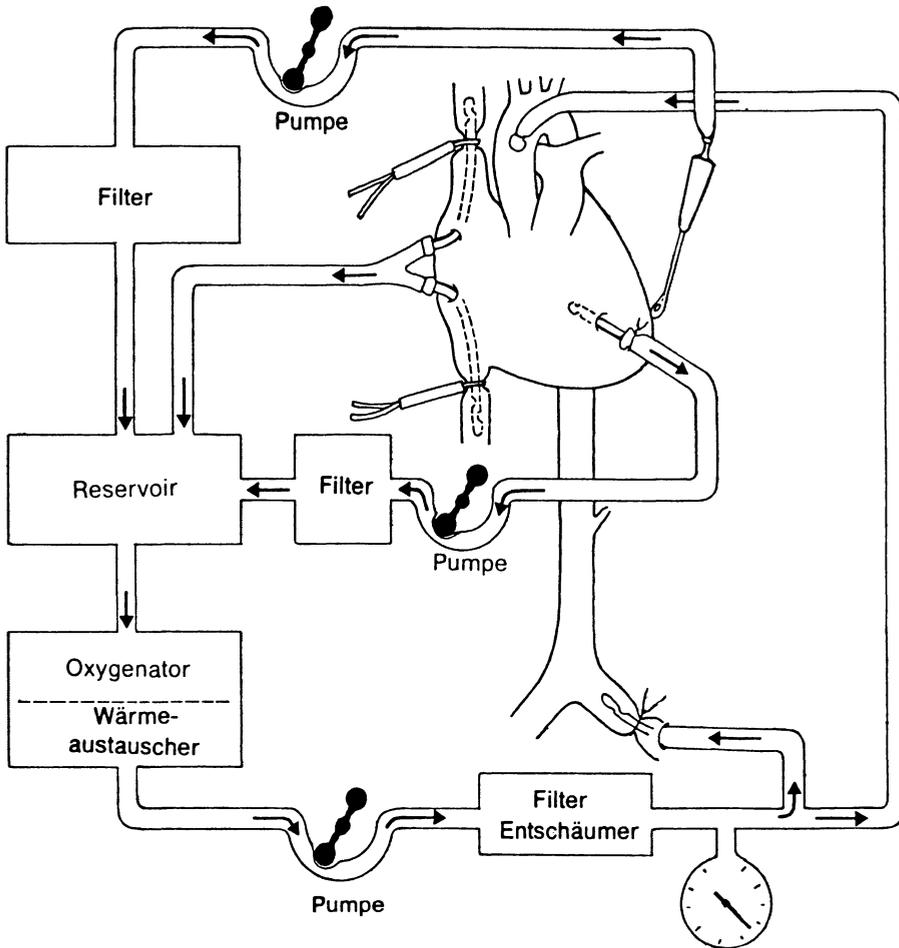


Abb. 11.5. Totaler Herz-Lungen-Bypass. Herz und Lunge sind aus der normalen Zirkulation ausgeschaltet. Die Pfeile geben die Richtung des Blutstroms an. Der arterielle Einstrom erfolgt entweder über die Aorta oder die A. femoralis

Linker atriofemoraler Bypass. Der linke atriofemorale Bypass wird bei Operationen an der Aorta descendens (z.B. Aortenaneurysma) verwendet, um nach Abklemmung der Aorta die Durchblutung von Nieren und Rückenmark zu ermöglichen. Das Prinzip dieser Methode beruht auf der Entnahme von atriellem Blut aus dem linken Vorhof, das über eine Kanüle in der A. femoralis dem distalen Aortenbereich zugeführt wird.

Femoro-femoraler Bypass. Der femorofemorale Bypass wird bei Operationen an der Aorta descendens (vorwiegend auch bei Aortenaneurysma) verwendet, um eine retrograde Perfusion der Aorta descendens zu ermöglichen. Das Prinzip dieser Methode beruht auf der Entnahme von Blut aus der V. femoralis, das über den Oxygenator in die A. femoralis zurückgeführt wird.

Linksherzbypass. Beim Linksherzbypass wird das in der Lunge des Patienten arterialisierete Blut am Einstrom in das linke Herz gehindert und in ein Reservoir geleitet. Von dort wird das Blut mit Hilfe eines Pumpsystems in den arteriellen Kreislauf (A. iliaca communis) geleitet, um die Blutversorgung der unteren Körperhälfte zu ermöglichen (z. B. thorakales Aortenaneurysma). Die Pumpfunktion des rechten Herzens bleibt erhalten.

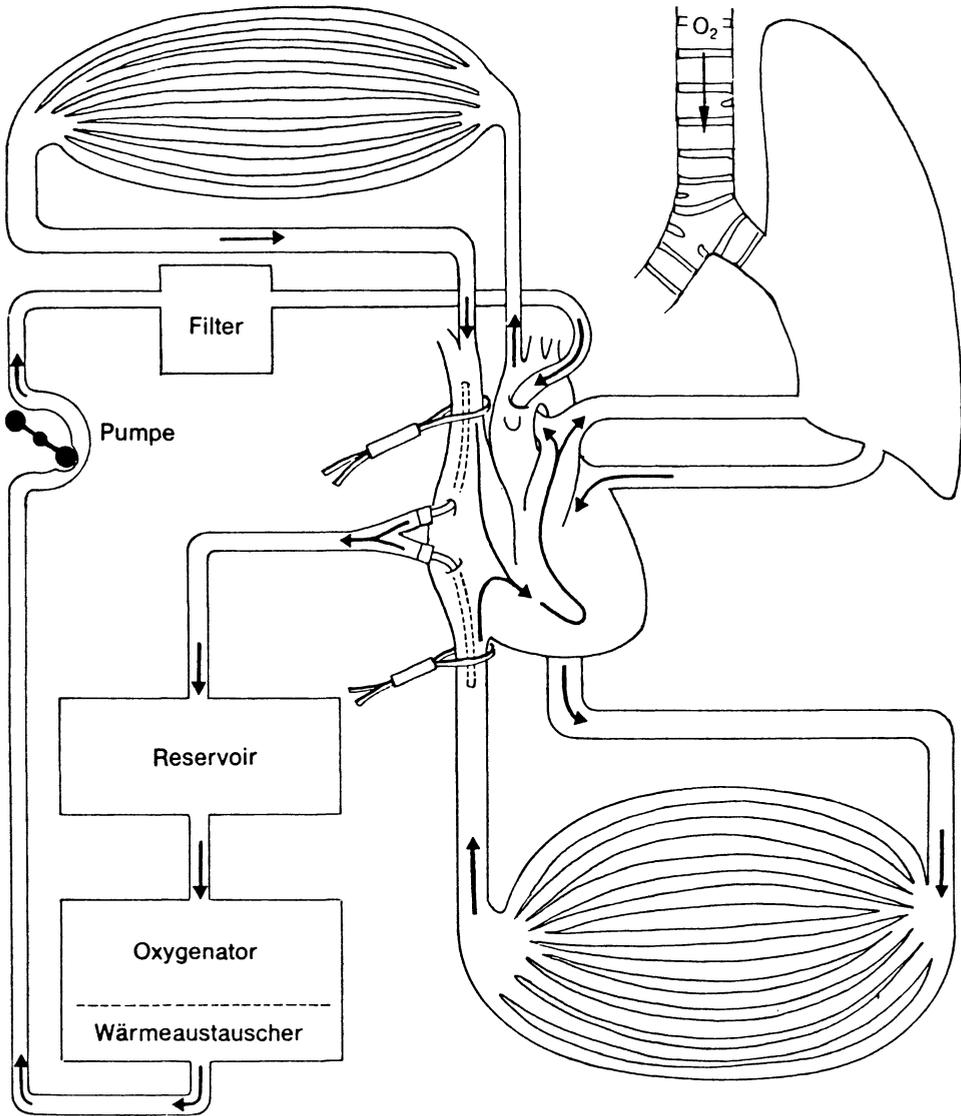


Abb. 11.6. Partieller Bypass. Ein Teil des Bluts wird noch vom Herzen selbst gepumpt, der andere Teil mit der HLM. Die Lungen des Patienten müssen beim partiellen Bypass beatmet werden

Rechtsherzbypass. Beim Rechtsherzbypass wird das Blut am Einstrom in das rechte Herz gehindert und mit einem Pumpsystem in die Pulmonalarterie geleitet. Von dort strömt es auf normalem Wege weiter, die Pumpfunktion des linken Herzens bleibt erhalten.

11.5.3.4 Praxis der extrakorporalen Zirkulation

In der Regel ist die Vorperfusionsperiode durch die mechanischen Manipulationen am Herzen einer der gefährlichsten Abschnitte der Operation. Insbesondere Blutdruckabfälle und Herzrhythmusstörungen sind als kritische Phasen einzustufen. Um die zerebrale Perfusion nicht zu gefährden, sind stärkere Blutdruckabfälle in dieser Phase sofort zu behandeln (Volumenzufuhr, u. U. Vasopressoren).

Da die stärksten chirurgischen Reize bei der Hautinzision, der Sternotomie und der Präparation der großen Gefäße erfolgen, ist in dieser Phase eine entsprechende Narkosetiefe zu garantieren. Nach Eröffnung des Perikards wird die Antikoagulation durch Injektion von Heparin (3 mg/kg KG) in einen zentralen Venenkatheter eingeleitet. Nach Abschluß aller Kanülierungen (obere und untere Hohlvene, A. femoralis) beginnt die extrakorporale Zirkulation mit dem partiellen Bypass (s. 11.5.3.3).

Während des partiellen Bypass wird der Patient mit 100%igem O₂ beatmet. Die Narkose wird entweder mit einem Fentanyl-Etomidate-Kombinationstropf oder durch Einleitung eines Inhalationsnarkotikums in den Oxygenator aufrechterhalten. Zu diesem Zeitpunkt sollte auch eine ausreichende Nachrelaxierung erfolgen, damit der Patient während der extrakorporalen Zirkulation nicht atmet. Der partielle Bypass sollte mindestens 3 min dauern. In dieser Phase wird der linke Ventrikel mit einem „Vent“ kanüliert, mit dem das aus den Vv. thebesi und den Bronchialvenen einströmende Blut abgesaugt wird. Diese Maßnahme ist erforderlich, damit das kardioplegische Herz nicht überdehnt wird.

Mit Beginn des totalen Bypass (Abklemmung der oberen und unteren Hohlvene sowie der Aorta) dürfen Narkotika und MR sowie die anderen benötigten Pharmaka nur noch in den venösen Schenkel der HLM verabreicht werden (Abb. 11.3). Die Ventilation der Lungen wird unterbrochen; es erfolgt lediglich eine Blähung der Lungen mit 1 Liter O₂/min bei einem Druck von 10 cm H₂O. Die Infusionen werden so weit gedrosselt, daß nur noch die Durchgängigkeit des Infusionsweges garantiert ist. Die Verabreichung von ndMR ist wesentlich, um Atembewegungen und Muskelzittern (Steigerung des O₂-Verbrauchs) auszuschalten. Für die Perfusion mit der HLM werden etwa 2–3 l Perfluorflüssigkeit benötigt. Bei Perfusionen mit Elektrolytlösungen ist der Verlust durch die Nieren entsprechend zu substituieren. Es wird in der Regel eine leichte Hämodilution zwischen 20 und 25% Hkt angestrebt, bei Abfall des Hämatokrits unter 20% ist jedoch Heparinblut zu geben. Als ausreichende Flowrate gelten 2,4 l/m² Körperoberfläche. Der Perfusionsdruck sollte zwischen 65–85 mm Hg liegen. Ein Anstieg über 100 mm Hg (Vasokonstriktion) erfordert vasodilatatorische Maßnahmen (z. B. Halothan). Der Abfall unter 60 mm Hg (unzureichende Flowrate, Vasodilatation) erfordert eine Steigerung des Flows oder Vasopressoren. Zur Vermeidung zerebraler Vasokonstriktionen wird in die HLM CO₂ (3% bei Normothermie, 5% bei Hypothermie) eingeleitet. Eine zentrale Bedeutung kommt der Myokardprotektion während der Myokardischämie zu. Um das Herz während der Operation stillzulegen, werden die Koronarien mit gekühlten kardioplegischen Lösungen perfundiert. Dadurch ist eine lange myokardiale Ischämieperiode möglich. Die weitere Gabe von Heparin richtet sich nach der exakten Messung des Gerinnungszustands (z. B. ACT = activated coagulation time, Aktivierte Celite Time) mit einem automatischen Hemochromsystem. Der ACT-Wert sollte während des Bypass zwischen 400–500 s liegen. Blutgasanalysen müssen wiederholt durchgeführt werden (metabolische Azidose regelmäßige Begleiterscheinungen der Perfusion). Bestehendes Basendefizit ist nach Bedarf zu korrigieren. Außerdem sind regelmäßige Hämatokritkontrollen, Serumkaliumkontrollen und Blutzuckerkontrollen erforderlich (Kaliumsubstitution initial 4 mg/kg KG/l Harnverlust, dann 1 mg/kg KG/l Harnverlust). Bei Abfall des Harnvolumens sind bei ausreichendem Flow und Perfusionsdruck Diuretika [Mannitol 20% (0,3 g/kg KG) und/oder Furosemid (1 mg/kg KG)] zu verabreichen.

Vor Abgang von der HLM ist die Zufuhr von Inhalationsnarkotika zu unterbrechen (etwa 15 min vorher). Evtl. ist die Defibrillation nach Lidocaingabe (1 mg/kg KG) erforderlich. Der Elektroschock erfolgt mit 100 Ws nach Öffnung der Aortenklemme. Danach wird ein langsamer Abgang von der HLM durchgeführt. Mit Aufnahme der Pumpfunktion des Herzens und Wiederherstellung der Lungenperfusion (partieller Bypass) wird die künstliche Ventilation (100%iger O₂) wieder aufgenommen. Der Kreislauf wird evtl. durch Volumensubstitution oder positiv inotrope Substanzen, z.B. CaCl₂ (5 mg/kg KG, wiederholt) oder Katecholamine stabilisiert. Tachykardien, Bradykardien, Arrhythmien, Hypertonie und Hypotension müssen entsprechend korrigiert werden. Hypertonie sollte in jedem Falle vermieden werden (erhöhter myokardialer Sauerstoffverbrauch, Blutungsgefahr, Gefahr der Nahtinsuffizienz). Oft ist die Ursache einer Hypertonie die Hypervolämie. Wenn die venösen Katheter der HLM noch liegen, kann durch Volumenentzug mit Hilfe der HLM korrigiert werden. Ist dies nicht möglich, müssen Vasodilanzien (Phentolamin, NNP) verabreicht werden.

Zur Aufhebung der Heparinwirkung wird nach Abgang von der HLM Protaminsulfat verabreicht. Dabei reichen je nach Messung (ACT-Test) im Mittel 1,5 mg Protamin/1,0 mg Heparin aus. Der arterielle Blutdruck sollte bei 100 mm Hg gehalten werden. Ursachen einer Hypotension können verminderter venöser Rückfluß, niedriger Füllungsdruck (Volumengabe bis ZVD = 15 cm H₂O), Myokarddepression (100%iger O₂, Epinephrin 0,001 mg/kg KG; CaCl 5–10 mg/kg KG, insbesondere bei chronischer Propranololtherapie) und Vasodilatation (Noradrenalin 0,001 mg/kg KG), Arrhythmie (Lidocain 1 mg/kg KG; Propranolol 0,2 mg/kg KG) sein. Ursachen einer Hypertension können Hypervolämie (Volumenentzug), flache Anästhesie (Analgetika) oder Vasokonstriktion (NNP 15–10 µg/min; jedoch nur bei arterieller Druckmessung und bei ausreichendem ventrikulärem Füllungsdruck) sein. Bei Bradykardie kommen Atropin (0,01 mg/kg KG) oder Schrittmachertherapie, bei Tachykardie Vertiefung der Narkose (Fentanyl, Halothan) oder Propranolol (0,2 mg/kg KG); bei Arrhythmie Lidocain (1 mg/kg KG, Bolus und Dauertropf 1–4 mg/min), Kardioversion oder Propranolol (0,25 mg Bolus, wiederholt bis zu maximal 2 mg) zum Einsatz.

Bei unkomplizierten Eingriffen und wachem Patienten kann eine frühe Extubation erfolgen; sie hat den Vorteil, daß der Kranke früher mobilisiert werden kann. Eine Spätextubation hat sich dann empirisch bewährt, wenn der Patient einem größeren Eingriff unterzogen wurde, wenn er vor adrenerger Stimulation (Umlagerung) geschützt werden soll oder wenn sein Zustand (Bewußtlosigkeit) dies erfordert. Bei voraussichtlich länger andauernder Ateminsuffizienz sollte der Patient möglichst bald nasotracheal umintubiert werden. Der Transport auf die Intensivstation erfolgt unter Begleitung des Arztes mit sorgfältiger Kontrolle von Atmung und Kreislauf (Monitor). Im postoperativen Verlauf ist der Blutverlust sorgfältig zu registrieren. Blutverluste von > 200 ml/h sprechen für chirurgische Blutungen, so daß u. U. eine chirurgische Intervention erforderlich wird. Blutgerinnungsstörungen werden primär durch Frischblut oder Thrombozytenkonzentrat, sekundär auf der Basis von Gerinnungsanalysen mit Faktorenkonzentraten behandelt. Bei Fibrinolyse wird ε-Aminokapronsäure (0,05 g/kg KG i.v.) in 2- bis 4stündigen Abständen verabreicht.

11.5.3.5 Koronare Bypassoperation

Eine klinisch bedeutsame Obstruktion der Koronararterien liegt vor, wenn entweder eine mehr als 70%ige Verringerung des inneren Durchmessers der rechten Koronararterie, der linken A. descendens anterior oder der linken A. circumflexa vorliegt; oder aber der innere Durchmesser der linken Hauptstammarterie 50% oder mehr eingeengt ist. Je nach Ausdehnung unterscheidet man Ein-, Zwei- oder Dreifäßerkrankungen.

Besonders gefährdet sind Patienten, bei denen eine hochgradige Stenose der linken Hauptstammarterie, verbunden mit einer proximalen Stenose der rechten Kranzarterie, besteht.

Die Patienten stehen in der Regel unter medikamentöser Therapie mit Nitroglyzerin und β -Blockern. Operationsindikationen sind Stenosen der linken Hauptstammarterie, Dreifäßerkrankungen sowie Zweifäßerkrankungen mit Beteiligung der linken proximalen A. descendens anterior. Kontraindikationen für eine koronare Bypassoperation sind schlechte Ventrikelfunktion (Ejektionsfraktion $<0,35$), kürzlich vorausgegangener Herzinfarkt und eine diffuse Atherosklerose der Koronararterien.

Das Prinzip der koronaren Bypassoperation besteht in der autologen Transplantation eines Teils der V. saphena. Die Vene wird proximal an die Aorta und distal hinter den stenotischen Abschnitt der Koronararterie angeschlossen. Auch die A. mammaria interna wird verwendet, wobei nur eine Anastomose erforderlich ist.

Anästhesie. Alle Einflüsse, die den myokardialen Sauerstoffverbrauch steigern oder den koronaren Perfusionsdruck senken, sind für Patienten mit KHK ungeeignet. Dazu gehören Angst, Operationsreize und bestimmte Pharmaka (z. B. Katecholamine). Deshalb ist eine gute Prämedikation (z. B. Flunitrazepam 0,03 mg/kg KG p. o. 1–2 h vor Narkoseeinleitung) sowie eine gute Analgesie (z. B. Piritramid 0,15 mg/kg KG, 1 h präoperativ) von großer Bedeutung.

Für die Einleitung der Narkose sind Opioide (z. B. Fentanyl 7–10 μ g/kg KG) oder Etomidate (0,2–0,3 mg/kg KG) zu empfehlen. Die Narkose kann aber auch mit einem Barbiturat in zurückhaltender Dosierung eingeleitet werden. Die Muskelrelaxierung erfolgt in der Regel mit Pancuronium (0,1 mg/kg KG), das auch zur endotrachealen Intubation verwendet werden kann. Der endotrachealen Intubation sollte nach Möglichkeit ein Xylocainspray des Rachens vorausgehen.

Zur Überwachung des Patienten ist neben einer kontinuierlichen EKG-Ableitung ein invasives Monitoring (arterieller Blutdruck, ZVD, PAP) erforderlich.

Für die Aufrechterhaltung der Narkose empfiehlt sich eine Kombination von Opioiden, N_2O , Sedativa und Inhalationsnarkotika. Intraoperative Störungen, insbes. Hypertonie, Tachykardie, Hypotension und Anstieg des PCWP müssen unmittelbar durch entsprechende Maßnahmen beseitigt werden. Während des kardiopulmonalen Bypass wird die Narkose in der unter 11.5.3.4 beschriebenen Weise aufrechterhalten.

11.5.3.6 Herzklappenersatz

Alle Erkrankungen der Herzklappen beeinträchtigen bei entsprechender Schwere das Schlagvolumen. Bei chronischem Verlauf versucht der Organismus, durch Kompensationsmechanismen dem Abfall des Schlagvolumens entgegenzuwirken. Dies erfolgt v. a. durch Steigerung des Sympathikotonus (HF-, Kontraktilitäts-, TPR-Anstieg), des Frank-Starling-Mechanismus und durch Ventrikelhypertrophie. Herzklappenfehler werden in 4 Schweregrade eingeteilt (NYHA = New York Heart Association).

- Schweregrad I:** Herzklappenerkrankung ohne Einschränkung der körperlichen Belastbarkeit und ohne Anstieg der PCWP.
- Schweregrad II:** Herzklappenerkrankung mit Dilatation und/oder Hypertrophie der Ventrikel sowie Anstieg von LVEDP, LAP, PCWP bei Belastung.
- Schweregrad III:** Herzklappenerkrankung mit erhöhtem Füllungsdruck des Herzens in Ruhe sowie Beschwerden bei körperlicher Belastung.
- Schweregrad IV:** Herzklappenerkrankung mit Beschwerden in Ruhe (Müdigkeit, Schwindel, Verwirrtheit) sowie Verstärkung der Beschwerden bei Belastung.

Die Diagnostik der Herzklappenerkrankungen beruht auf Auskultation, Echokardiographie, Angiographie und Herzkatheteruntersuchung. Als Herzklappenersatz werden mechanische Prothesen (Kugel-, Scheiben-, Doppelflügelklappen) und Bioprothesen (Gewebe von Schwein oder Mensch) verwendet. Während bei der mechanischen Klappe eine dauernde Antikoagulation erforderlich ist, wird diese bei den Bioprothesen nur für einige Monate benötigt. Künstliche Herzklappen werden v. a. bei Mitralklappe, Aorten- und Trikuspidalklappen eingesetzt.

Mitralklappenersatz. Während bei der Mitralklappenstenose in frühen Stadien eine Erweiterung der Öffnungsfläche der Mitralklappe durch geschlossene Kommissurotomie (also ohne HLM) möglich ist, erfordern sowohl die schwere Mitralklappenstenose als auch die ausgeprägte Mitralklappeninsuffizienz den Ersatz der Mitralklappe unter Verwendung der HLM. Der operative Zugang zur Mitralklappe erfolgt nach Sternotomie über den linken Vorhof. Neben den Problemen, die sich durch die extrakorporale Zirkulation ergeben, sind bei Mitralklappenerkrankungen einige Besonderheiten zu beachten.

Mitralklappenstenose. Bei der Mitralklappenstenose wirken sich Steigerungen der HF hämodynamisch sehr ungünstig aus (s. 10.1.3.1), deshalb sind gute Prämedikation und die Verwendung von Medikamenten mit geringen hämodynamischen Nebenwirkungen (z. B. Etomidat, Fentanyl) von besonderem Wert für den ungestörten Verlauf der Operation. Die Überwachung der Volumenzufuhr sollte mit dem Pulmonalkatheter erfolgen. Die HF sollte in einem Bereich von 60–65/min gehalten werden. Der erhöhte Gefäßwiderstand fällt nach dem Mitralklappenersatz in der Regel ab; wenn dies nicht erfolgt, sollten Vasodilatoren verabreicht werden. In der postoperativen Phase ist eine Respiratortherapie zu empfehlen.

Mitralklappeninsuffizienz. Bei der Mitralklappeninsuffizienz entleert sich der linke Ventrikel während der Systole in zwei Richtungen: in den linken Vorhof (Regurgitationsvolumen) und in die Aorta (Schlagvolumen). Eine periphere Vasodilatation (z. B. durch NNP) ist deshalb für die Ventrikelentleerung günstiger als eine Vasokonstriktion. Als eindeutige Indikation für einen Klappenersatz gelten das Spätstadium II sowie die Stadien III und IV der NYHA-Gruppen. Tachykardien werden bei der Mitralklappeninsuffizienz besser toleriert als bei der Mitralklappenstenose. Steigerungen des TPR sollten vermieden werden; somit sollten Hypotensionen v. a. mit inotropen Substanzen behandelt werden, die den TPR nicht wesentlich steigern (z. B. Isoproterenol, Kalzium).

Aortenklappenersatz. Bei schwerer Aortenklappenstenose und bei ausgeprägter Aortenklappeninsuffizienz kann der Ersatz der Aortenklappe erforderlich werden. Für den Zugang zur Aortenklappe wird die Aorta schräg angeschnitten, so daß der Operateur von oben her die künstliche Klappe einsetzen kann. Die Aorta ascendens wird dabei abgeklemmt; der Koronarkreislauf ist unterbrochen.

Aortenstenose. Die normale Öffnungsfläche der Aortenklappe beträgt 2,5–3,6 cm². Wenn die Öffnungsfläche auf < 1 cm² verkleinert ist, kommt es zu einer deutlichen Behinderung des Blutstroms. Als Folge dieser Behinderung hypertrophiert der linke Ventrikel, und der Druckgradient zwischen Ventrikel und Aorta steigt auf > 100 mm Hg an (normal 2–4 mm Hg). Eine Tachykardie ist bei der Aortenstenose ungünstig, weil die diastolische Füllung des Ventrikels abnimmt und die subendokardiale Durchblutung vermindert wird. Ebenso sollten Bradykardien, Hypertensionen und Hypotensionen vermieden werden. Patienten mit Aortenstenose reagieren sehr empfindlich auf Narkotika. Opiode (z. B. Fentanyl) und Fentanyl werden i. allg. am besten vertragen. Das Einlegen eines Pulmonalkatheters kann bei diesen Patienten zu schweren ventrikulären Arrhythmien führen, so daß die Indikation für diese Maßnahme sehr streng gestellt werden muß.

Aorteninsuffizienz. Das Regurgitationsvolumen kann bei der Aorteninsuffizienz bis zu 80% des Schlagvolumens erreichen. Es wird durch einen niedrigen TPR und durch Tachykardie vermindert. Deshalb sind Bradykardien und Hypertonien bei diesen Patienten streng zu vermeiden. Die HF sollte am besten zwischen 100–120/min betragen. Ein geeignetes Pharmakon für dieses Vorhaben ist Isoproterenol, das die HF steigert und den TPR senkt. Opiode und N₂O werden bei der Durchführung der Narkose gut vertragen, während Inhalationsnarkotika ungünstiger sind. Große Vorsicht ist mit der Anwendung von Vasodilatoren bei der Aorteninsuffizienz zu wahren.

Trikuspidalklappenersatz. Ein Ersatz der Trikuspidalklappe erfolgt vorwiegend bei der Trikuspidalinsuffizienz. Dieser Klappenfehler entsteht v. a. durch die Dilatation des rechten Ventrikels. Bei der Trikuspidalinsuffizienz kommt es zum Rückstrom des Blutes aus dem rechten Ventrikel in den rechten Vorhof. Der Trikuspidalklappenersatz wird erforderlich, wenn sich eine pulmonale Hypertension entwickelt. Bei der Durchführung der Anästhesie müssen hohe Atemwegsdrücke und Venodilatation vermieden werden, damit der venöse Rückstrom nicht vermindert wird. Aus diesem Grunde sollten auch Blutvolumen und ZVD im oberen Bereich gehalten werden. Nur wenn das effektive Schlagvolumen des rechten Herzens aufrechterhalten wird, ist eine ausreichende Füllung des linken Ventrikels zu erwarten. Steigerungen des pulmonalen Widerstands (z. B. durch Hypoxie, Hyperkapnie, Azidose und α -Rezeptorenstimulation) sollten vermieden werden.

11.5.3.7 Korrektur angeborener Herzfehler

Angeborene Herzfehler werden vorwiegend im Kindesalter korrigiert. Neben den besonderen hämodynamischen Problemen, die sich aus der Fehlbildung des Herzens oder der herznahen Gefäße ergeben, muß der Anästhesist bei der Behandlung dieser Patienten auch die physiologischen und pathophysiologischen Besonderheiten dieser Altersgruppe berücksichtigen (s. 11.15). Die angeborenen Herzfehler lassen sich in Herzfehler mit Rechts-links-Shunt, Herzfehler mit Links-rechts-Shunt und Herzfehler ohne Shunt unterteilen. Andere Einteilungen unterscheiden in zyanotische und azyanotische Herzfehler.

Herzfehler mit Rechts-links-Shunt. Bei diesen Herzfehlern besteht in der Regel eine Zyanose. Die häufigsten Krankheitsformen sind Fallot-Tetralogie, Trikuspidalatresie und Pulmonalstenose. Bei den zyanotischen Herzfehlern bestehen häufig Herzinsuffizienz, pulmonale Hypertonie sowie Störung von SBH, Blutgerinnung und Wachstum.

Herzfehler mit Links-rechts-Shunt. Bei diesen Herzfehlern besteht zunächst keine Zyanose; die häufigsten Krankheitsformen sind Vorhofseptumdefekt (ASD) und Ventrikelseptumdefekt (VSD). Schwere Nebenerkrankungen entwickeln sich erst nach längerem Bestehen der Fehlbildung.

Herzfehler ohne Shunt. Auch diese Herzfehler verlaufen zunächst ohne Zyanose; die häufigsten Krankheitsformen sind Aortenstenose und Aortenisthmusstenose. Bei ausreichendem Kollateralkreislauf können diese Erkrankungen auch ohne den Einsatz einer HLM korrigiert werden.

Die operative Korrektur dieser Herzfehler erfordert meist den Einsatz einer HLM, einige Korrekturoperationen können jedoch auch ohne HLM durchgeführt werden. Als operative Maßnahmen kommen anatomische Korrekturen (z. B. Verschluss eines Defekts bei ASD oder VSD), physiologische Korrekturen (z. B. Schaffung von Umgehungskreisläufen oder Gefäßanastomosen) oder palliative Maßnahmen (z. B. „banding“ der Pulmonalarterie) zur Ausführung.

Die Vorbereitung auf Anästhesie und Operation erfolgt in der Regel in enger Zusammenarbeit mit einem pädiatrischen Kardiologen, so daß hier nicht näher darauf eingegangen werden soll. Herzinsuffizienz und respiratorische Störungen sollten jedoch vor jeder Korrekturoperation am Herzen oder den herznahen Gefäßen weitgehend kontrolliert sein.

Bei der Narkoseeinleitung muß berücksichtigt werden, ob ein Links-rechts-Shunt oder ein Rechts-links-Shunt besteht.

Einleitung bei Links-rechts-Shunt. Bei Links-rechts-Shunt und gesteigerter Lungendurchblutung werden Inhalationsnarkotika rascher aufgenommen, so daß die narkotische Wirkung relativ schnell eintritt. Bei Verwendung von intravenösen Narkotika ist hingegen mit einem verspäteten Wirkungseintritt zu rechnen, da das Narkotikum in den Lungenkreislauf rezirkuliert.

Einleitung bei Rechts-links-Shunt. Bei Rechts-links-Shunt und verminderter Lungendurchblutung werden Inhalationsnarkotika verzögert aufgenommen, so daß die narkotische Wirkung relativ spät eintritt. Bei Verwendung von intravenösen Narkotika ist hingegen mit einem raschen Wirkungseintritt zu rechnen, da das Narkotikum in relativ hoher Konzentration zum ZNS gelangt. Bei Patienten mit Rechts-links-Shunt ist sicherzustellen, daß Abfälle des Blutdrucks und des peripheren Widerstands vermieden werden, damit die Lungendurchblutung nicht noch weiter vermindert wird. Andererseits müssen Exzitationen des Patienten vermieden werden, um Sauerstoffmangelzustände auszuschließen. Des Weiteren muß berücksichtigt werden, daß bei Patienten mit Rechts-links-Shunt unter der intravenösen Applikation von Medikamenten oder Infusionen das erhöhte Risiko einer Luftembolie besteht.

Operationen ohne HLM. Unter den angeborenen Herzfehlern können Korrekturoperationen bei Ductus Botalli, Aortenisthmusstenose und einige Palliativoperationen (z. B. Rashkind-Ballonvorhofseptostomie, Gefäßanastomosen, „banding“ der Pulmonalarterien) ohne HLM durchgeführt werden.

Ductus Botalli. Der Ductus Botalli ist eine normale fetale Gefäßverbindung, durch die das Blut aus der A. pulmonalis an der Lunge vorbei in die Aorta fließt. Funktionell schließt sich der Shunt gewöhnlich innerhalb weniger Stunden nach der Geburt; die Obliteration erfolgt in der 2.-9. Lebenswoche bei 90% aller Neugeborenen. Beim offenen Ductus Botalli fließt das Blut kontinuierlich während der Systole und der Diastole, wobei während der Systole ein normaler arterieller Blutdruck aufrechterhalten wird, während in der Diastole der Blutdruck abfällt. Bei längerem Bestehen eines offenen Ductus Botalli kommt es zu pulmonalen und kardialen Veränderungen. Die Lungendurchblutung kann bis auf das 3fache ansteigen, so daß der pulmonale Widerstand ansteigt und der linke Ventrikel stark belastet wird. Die Korrekturoperation erfolgt in rechter Seitenlage des Patienten; der Thorax wird im 3. ICR antero- oder posterolateral eröffnet und der Ductus durchtrennt. Die Korrekturoperation erfolgt vorwiegend im Vorschulalter.

Die Anästhesie unterliegt den Bedingungen der Thoraxanästhesie. Zur Überwachung des Patienten sind EKG, Thoraxstethoskop, unblutige Druckmessung und Temperaturkontrolle in der Regel ausreichend. Anästhesiologische Probleme können auftreten, wenn der offene Ductus eine pulmonale Hypertension und/oder ventrikuläre Hypertrophie verursacht hat. Bei der Blutdruckmessung fällt häufig ein niedriger diastolischer Blutdruck auf. Der im Rahmen der Präparation des Ductus Botalli eintretenden Lungenkompression sollte durch Erhöhung des F_{iO_2} begegnet werden. Die Flüssigkeitssubstitution ist eher zurückhaltend durchzuführen.

Aortenisthmusstenose. Verengungen der Aorta descendens distal der A. subclavia werden als Aortenisthmusstenosen bezeichnet. Zunächst ist das Lumen der Aorta vollständig obliteriert, so daß die Blutversorgung der unteren Körperhälfte von einem ausreichenden Kollateralkreislauf (Aa. subclaviae - Aa. mammae - Interkostalararterien) abhängt. Durch die Obstruktion der Aorta steigt die Belastung des Herzens an; es entwickelt sich in der Regel eine Hypertrophie, später eine Herzinsuffizienz. Der Defekt sollte deshalb möglichst vor dem Schulalter beseitigt werden. Die Korrektur erfolgt durch Resektion des stenotischen Aortenabschnitts und End-zu-End-Anastomose bzw. Patchplastik oder Gefäßprothese.

Blutdruckmessungen und Prüfungen der Pulsqualität an allen vier Extremitäten bilden wertvolle prognostische Kriterien. Bei vorhandenen Femoralispulsen muß davon ausgegangen werden, daß noch Blut durch die Aortenisthmusstenose fließt und der Kollateralkreislauf demzufolge nur gering ausgeprägt ist. Fehlende Pulse weisen auf eine gute Kollateralzirkulation hin, so daß die Abklemmung der Aorta nicht zu intrakraniellm Druckanstieg und poststenotischer Minderdurchblutung führen kann. Die Operation wird in rechter Seitenlage durchgeführt.

Die Durchführung der Anästhesie unterliegt keinen Besonderheiten, wenn zuverlässige Blutdruckkontrollen und adäquater Volumenersatz garantiert sind. Probleme können sich ergeben aus Blutungen erweiterter Kollaterale Gefäße, Hypertension während und nach der Anästhesie sowie das längere Abklemmen der Aorta ascendens (evtl. Bypass, um Rückenmarks- und Nierendurchblutung nicht zu gefährden). Aus diesem Grunde sollten auch längerdauernde ausgeprägte Blutdruckabfälle vermieden werden.

Palliativoperationen. Bei diesen Operationen wird durch künstlichen Links-rechts-Shunt (z. B. Rashkind-Ballonvorhofseptostomie, Blalock-Taussig-Anastomose, Cooley-Waterston-Anastomose, Brock-Operation) die Lungendurchblutung gesteigert bzw. durch Einengung des Lumens der Pulmonalarterie (z. B. „banding“ der Pulmonalarterie) die Lungendurchblutung vermindert. Diese Operationen werden durchgeführt, wenn eine definitive Korrektur nicht oder noch nicht möglich ist.

Rashkind-Ballonvorhofseptostomie. Der Eingriff wird zumeist im Anschluß an eine Herzkatheteruntersuchung bei Kleinkindern mit Transposition der großen Gefäße oder Trikuspidalatresie durchgeführt, um eine ausreichende Shuntverbindung zwischen Pulmonal- und Systemkreislauf herzustellen. Dabei wird der durch das Foramen ovale geführte Ballonkatheter nach Füllung mit Kontrastmittel heftig durch das Vorhofseptum zurückgezogen, so daß ein artefizieller ASD entsteht.

Blalock-Taussig-Anastomose. Hierbei erfolgt eine Anastomosierung der A. subclavia mit der A. pulmonalis. Bei dieser Operation muß die Blutdruckmessung am Arm der Seite erfolgen, deren A. subclavia nicht für die Anastomosierung verwendet wird. Bei der Präparation und Abklemmung der A. subclavia kann es zu Bradykardien kommen, die sofort durch Hyoscyamin (0,02 mg/kg KG) behandelt werden müssen.

Cooley-Waterston-Anastomose. Hierbei erfolgt eine Anastomosierung der Aorta ascendens mit der rechten A. pulmonalis. Die dabei auftretenden anästhesiologischen Probleme entsprechen denen bei der Blalock-Taussig-Anastomose.

Brock-Operation. Hierbei handelt es sich um eine geschlossene Infundibulumresektion mit Valvotomie, die bei Fallot-Tetralogie, Pulmonalstenose, Pulmonalatresie oder Pulmonalhypoplasie durchgeführt wird. Das Ziel der Operation besteht in der Verbesserung des Blutflusses durch die A. pulmonalis.

„Banding“ der Pulmonalarterie. Bei dieser Operation wird das Lumen der Pulmonalarterie durch Umschlingung eines Bandes um die A. pulmonalis eingeengt, so daß die Lungendurchblutung abnimmt. Die Operation wird bei Kindern mit gesteigerter Lungendurchblutung (z. B. Transposition der großen Gefäße, VSD oder „single ventricle“) durchgeführt. Der operative Zugang erfolgt über eine linksanteriore Thorakotomie in Rückenlage des Patienten. Nach dem „banding“ steigt der arterielle Blutdruck gewöhnlich an, während die HF leicht abfällt.

Operationen mit HLM. Die meisten Korrekturoperationen angeborener Herzfehler werden mit Hilfe der HLM durchgeführt; in vielen Fällen ist außerdem eine kontrollierte Hypothermie erforderlich. Die Besonderheiten der extrakorporalen Zirkulation (s. 11.5.3.2), der kontrollierten Hypothermie (s. 6.8.2) und des Kindesalters (s. 11.16) sind bei der Durchführung der Anästhesie entsprechend zu berücksichtigen. Bei kleinen Kindern wird der Herzfehler in der Regel in tiefer Hypothermie (16–20 °C) bei totalem Kreislaufstillstand korrigiert; unter diesen Bedingungen ist eine totale Kreislaufunterbrechung von etwa 60 min möglich. Bei der Besprechung der operativen Korrektur von Fehlbildungen des Herzens und der herznahen Gefäße wird nachfolgend zwischen Fehlbildungen mit Links-rechts-Shunt und solchen mit Rechts-links-Shunt unterschieden.

Korrekturoperationen bei Fehlbildungen mit Links-rechts-Shunt. Unter diesen angeborenen Herzfehlern finden sich am häufigsten ASD und VSD.

Vorhofseptumdefekt (ASD). Beim ASD besteht aufgrund der höheren Drücke im linken Vorhof ein Links-rechts-Shunt. Bei größeren Defekten kann sich eine progrediente Lungengefäßerkrankung entwickeln, so daß eine möglichst frühzeitige Korrekturoperation anzuraten ist. Der operative Zugang erfolgt nach medianer Sternotomie durch Eröffnung des rechten Vorhofs.. Der Defekt wird entweder durch direkte Naht oder durch Patch verschlossen. Anästhesiologische Besonderheiten außerhalb der Problematik der extrakorporalen Zirkulation (s. 11.5.3.2) sind nicht zu erwarten.

Ventrikelseptumdefekt (VSD). Beim VSD besteht ein Links-rechts-Shunt aufgrund der höheren Drücke im linken Ventrikel. Das Shuntvolumen kann zwischen 20% und 500% des HZV betragen. Früher noch als beim ASD wirkt sich das große Shuntvolumen auf den Lungenkreislauf aus. Mit steigendem Lungengefäßwiderstand fällt das Shuntvolumen, bis es zum Druckausgleich zwischen beiden Kammern oder sogar zur Shuntumkehr (sog. Eisenmenger-Reaktion) kommt. Der operative Zugang erfolgt nach medianer Sternotomie durch Ventrikulotomie. Kleinere Defekte können durch Naht, größere müssen mit einem Patch verschlossen werden. Dabei müssen die am oberen Defektrand gelegene Aortenklappe und das am unteren Rand entlanglaufende His-Bündel sorgfältig geschont werden.

Anästhesiologische Besonderheiten außerhalb der Problematik der extrakorporalen Zirkulation (s. 11.5.3.2) sind nicht zu erwarten.

Korrekturoperationen bei Fehlbildungen mit Rechts-links-Shunt. Unter diesen angeborenen Herzfehlern finden sich am häufigsten die Fallot-Tetralogie und die Transposition der großen Gefäße; Trikuspidalatresie und Pulmonalatresie treten seltener in Erscheinung.

Fallot-Tetralogie. Diese Mißbildung betrifft 65% aller angeborenen zyanotischen Herzfehler. Die vier Komponenten des Krankheitsbildes sind Pulmonalarterienstenose, Ventrikelseptumdefekt, Abweichung des Aortenursprungs nach rechts und Hypertrophie des rechten Ventrikels. Aufgrund der Pulmonalstenose und des großen VSD kommt es zu einem Druckausgleich zwischen beiden Herzkammern. Die über dem Defekt reitende Aorta erhält aus der rechten Kammer ungesättigtes Blut, woraus eine Mischungszyanose resultiert. Hinter der Stenose ist der Druck in der A. pulmonalis niedrig und die Lungendurchblutung entsprechend niedrig. Die Zyanose entwickelt sich in der Regel im Laufe des 1. Lebensjahres, das Wachstum der Kinder ist verlangsamt. Die bei kleinsten Anstrengungen auftretende Atemnot, die typische Hockstellung (Verbesserung der Lungendurchblutung), die Polyglobulie und Trommelschlegelfinger sind typische Zeichen des Krankheitsbildes.

Neben den Palliativoperationen (Blalock, Waterston) ist etwa vom 5. Lebensjahr an die Totalkorrektur mit der HLM indiziert. Diese besteht in der Ausschälung der hypertrophierten Muskulatur der rechten Kammerausflußbahn und Verschluß des VSD. Der postoperative Verlauf hängt v. a. davon ab, ob die Lungenstrombahn das plötzlich stark vermehrte Minutenvolumen ohne Lungenödem aufnimmt und ob der hypoplastische Ventrikel in der Lage ist, die gesteigerte Arbeitsleistung zu erbringen.

Transposition der großen Gefäße. Etwa 20% aller zyanotischen Herzfehler sind auf eine fehlende Drehung des Truncus arteriosus communis zurückzuführen. Dadurch sind Körper- und Lungenkreislauf nicht hinter-, sondern nebeneinandergeschaltet. Venöses Blut fließt über Hohlvenen, rechten Vorhof und rechte Kammer in die vorn gelegene Aorta und zurück in den Systemkreislauf. Das Lungenvenenblut gelangt über linken Vorhof, linke Kammer und die hinten gelegene A. pulmonalis zurück in die Lungen. Am günstigsten sind die Fälle, bei denen ein großer ASD eine ausreichen-

de Durchmischung des Blutes zuläßt, ungünstig ist ein großer VSD mit Druckausgleich zwischen den Kammern. Damit kommt es sehr bald zur Ausbildung einer pulmonalen Hypertension. Das klinische Bild gleicht der Fallot-Tetralogie, allerdings besteht die Zyanose schon bei der Geburt.

Als Palliativoperationen kommen die Atrioseptostomie nach Rashkind und künstliche Schaffung eines ASD nach Blalock zur Durchführung. Die Korrekturverfahren haben eine Umkehr der venösen Schenkel unter Belassung der transponierten Arterien zum Ziel. In der Regel erfolgt heute die Korrekturoperation nach der Methode von Mustard bereits im 1. Lebensjahr.

11.6 Extremitätenchirurgie

Operative Eingriffe an den Extremitäten können in allen Altersklassen erforderlich werden. Zumeist besteht eine dringliche Operationsindikation. In der Regel handelt es sich um jüngere Patienten mit schweren Unfallverletzungen oder um Kranke höheren Lebensalters mit allen Problemen, die dieser Altersstufe anhaften (Leistungsminderung, Nebenerkrankungen, Dauertherapie) und die keiner ausreichenden Vorbehandlung unterzogen werden können. Bei einigen Patienten kommt das Problem des größeren Blutverlustes und der Verwendung von Akrylzement hinzu [111, 345, 359].

11.6.1 Operationsvorbereitung

Neben der Bereitstellung einer ausreichenden Menge von Konservenblut sind die Schaffung zuverlässiger intravenöser Zugänge, EKG-Monitoring, der Ausgleich evtl. bestehender Volumendefizite (insbesondere bei Oberschenkel- und Beckenfrakturen) und bei nichtnüchternen Patienten das Einführen einer Magensonde erforderlich. Ist die Verwendung von Akrylzement bei Patienten mit reduzierter kardiopulmonaler Leistungsfähigkeit vorgesehen, sollte zumindest die Messung des ZVD, in besonderen Situationen (Herzerkrankungen) zusätzlich die direkte arterielle Druckmessung, evtl. die Messung des Pulmonalarteriendruckes erfolgen. Bei der Lagerung des Patienten ist darauf zu achten, daß der intraabdominale Druck durch Polster, Stützen usw. nicht erhöht wird (Blutungsgefahr).

Operative Eingriffe an den Extremitäten müssen häufig als Akutoperationen durchgeführt werden. Dringliche Operationsindikationen sind z. B. arterielle Gefäßverletzungen oder Gefäßobstruktionen sowie offene Gelenk- und Knochenverletzungen. Viele Extremitätenoperationen können in Blutleere erfolgen. Dabei ist jedoch zu beachten, daß die zu starke oder zu lange Kompression einen Gefäß- und/oder Nervenschaden verursachen kann. Die Dauer der Blutleere sollte deshalb 2 h und die Kompression 300 mm Hg an den oberen Extremitäten bzw. 500 mm Hg an den unteren Extremitäten nicht überschreiten. Doppelseitige Blutleere sollte bei Kindern, Greisen und Patienten mit kardialer Dekompensation nicht durchgeführt werden (relative Hypervolämie).

11.6.2 Anästhesieverfahren

Zur Durchführung operativer Eingriffe an den oberen oder unteren Extremitäten sind Regionalanästhesieverfahren vorrangig geeignet. Allgemeinanästhesieverfahren sind erforderlich, wenn die Kooperation des Patienten fehlt oder wenn die Ope-

ration in einer für den Patienten unbequemen Lagerung durchgeführt werden muß, wenn die Anwendung einer rückenmarksnahen Regionalanästhesie kontraindiziert ist (z. B. Schock) oder wenn im Rahmen multipler Unfallverletzungen weitere Eingriffe notwendig sind.

Regionalanästhesie. Plexus-brachialis-Blockaden (cave: Pneumothorax), N.-radialis-Block, N.-ulnaris-Block, Fingeranästhesie nach Oberst oder intravenöse Infiltrationen sind zur Versorgung von Verletzungen an den oberen Extremitäten gut geeignet, solange keine primäre Nervenbeteiligung vorliegt.

Bei Verletzungen an den unteren Extremitäten können Spinal- und Periduralanästhesien, Femoralisblockaden oder intravenöse Infiltrationsanästhesien eingesetzt werden. Hypotensionen, insbesondere bei Koronarerkrankungen und Aorteninsuffizienz, sind zu vermeiden (s. 8.2).

Allgemeinanästhesien. Die Auswahl des bestgeeigneten Anästhesieverfahrens richtet sich nach den Nebenerkrankungen (s. 10.1–10.10) des Patienten. Dabei muß auch eine schockbedingte Verzögerung der Magen-Darm-Passage berücksichtigt werden, so daß in diesen Fällen die Allgemeinanästhesie auch unter dem Gesichtspunkt der Aspirationsprophylaxe erfolgen muß. Zur Einleitung der Allgemeinanästhesie eignen sich alle intravenösen Narkotika oder – insbesondere bei Kindern – auch die Inhalationsnarkotika. Die Muskelrelaxierung erfolgt nach den üblichen Regeln. Zur Aufrechterhaltung der Narkose sind Inhalationsnarkotika oder intravenöse Narkotika (Neuroleptanästhesie) geeignet.

11.6.3 Operationsspezifische Besonderheiten

Die operative Behandlung von Extremitätenverletzungen oder -erkrankungen läßt sich im wesentlichen unterteilen in die Knochenbruchbehandlung, die Gelenk- und die Sehnenrekonstruktion. Darüber hinaus kommen weitere operative Eingriffe an Knochen und Weichteilen sowie Amputationen zur Durchführung. In der Regel erwachsen bei allen diesen Eingriffen keine besonderen anästhesiologischen Probleme. Lediglich die Verwendung von Akrylzement bei der Implantation von Gelenkprothesen kann zu erheblichen kardiovaskulären Nebenreaktionen führen.

11.6.3.1 Knochenbruchbehandlung

AO-Plattenosteosynthesen, intramedulläre Fixationen und andere Osteosynthesen (z. B. durch Kirschner-Drähte) bilden die wesentlichsten Behandlungsverfahren zur Stabilisierung von Knochen. Bei Operationszeiten von 1–2 h und relativ geringen Blutverlusten ist das perioperative Risiko als gering einzuschätzen.

Anästhesieverfahren. Regionalanästhesien und Allgemeinanästhesien sind ohne Unterschiede verwendbar. Die Auswahl des Verfahrens sollte sich im wesentlichen nach der Nebenerkrankung richten. Bei Allgemeinanästhesien ist die endotracheale Intubation zu bevorzugen.

Besonderheiten sind bei diesen Operationen in der Regel nicht zu berücksichtigen; es sei denn, sie ergeben sich aus der Nebenerkrankung.

11.6.3.2 Gelenkrekonstruktion

Neben einer Vielzahl unproblematischer Eingriffe am Schultergelenk (z. B. Schultereckgelenksprengungen, Schulterluxation), am Kniegelenk (z. B. Kniebandzerreißen, Patellaluxationen) und am Sprunggelenk (z. B. Bandverletzung), kommen in den letzten Jahren zunehmend die prothetischen Rekonstruktionen des Knie-

und Hüftgelenks zur Durchführung. Die Implantation von Gelenkprothesen kann v. a. deshalb anästhesiologische Probleme verursachen, weil die Verwendung von Akrylzement zu teilweise erheblichen hämodynamischen Nebenreaktionen führt.

Anästhesieverfahren. Regionalanästhesien und Allgemeinanästhesien sind als gleichwertig einzustufen. Die Indikation wird überwiegend von Nebenerkrankungen, weniger von der Topographie bestimmt. Bei operativen Eingriffen unter Verwendung von Akrylzement erscheinen Allgemeinanästhesien in endotrachealer Intubation unter Verwendung von Inhalationsnarkotika vorrangig geeignet, da sie besser steuerbar sind. Ein erweitertes Monitoring ist bei diesen Eingriffen angezeigt.

Akrylzementreaktionen. Hüft- und Kniegelenksendoprothesen werden mit Akrylzement an das Knochengewebe fixiert. Der Zement entsteht durch Polymerisation einer flüssigen und pulverförmigen Substanz unter starker Wärmeentwicklung (90 °C). Nach Einbringung in das Knochengewebe kann es zu Blutdruckabfall, Arrhythmie und Hypoxämie kommen.

Die Hypotension erfolgt in der Regel unmittelbar nach der Implantation des Zements in die Markhöhle. Als Ursache werden Hitzeentwicklung des Kunststoffes, Vasodilatation durch freie Monomere, Zementanaphylaxie, autonome Reaktionen durch die Femurkompression sowie Embolien durch Polymerpartikel, Fett oder Thrombozyten diskutiert. Die hypotensiven Reaktionen treten seltener auf, seitdem der Akrylzement erst 2 min nach seiner Aufbereitung implantiert wird.

Hypoxämie ist Folge eines gestörten Ventilations-Perfusions-Verhältnisses. Wahrscheinlich führt die embolische Verschleppung von Knochenzementpartikeln, Fett, Fibrin und Plättchenaggregaten zur Freisetzung entsprechender vasoaktiver Substanzen. Da die Schwere der Symptome wesentlich von der Ausgangslage des Patienten mitbestimmt wird, sind Normovolämie und gute Oxygenierung sicherzustellen. – Arrhythmien sind Folgen der Hypotension und Hypoxämie.

Nach operativen Eingriffen an den großen Röhrenknochen besteht die erhöhte Gefahr einer tiefen Venenthrombose, der Lungenembolie, v. a. bei Patienten höheren Alters und mit Adipositas und der Fettembolie. Eine Thromboseprophylaxe mit Heparin (3 × 5000 E s. c.) oder Dextran (250–500 ml Dextran 60/24 h) ist bei diesen Operationen besonders indiziert. Der klassische Befund einer Fettembolie sind petechiale Hämorrhagien der Haut sowie Tachykardie, Hypotension und Füllung oberflächlicher Venen. Die Hämorrhagien treten in charakteristischer Form an Schultern, Brust und in den Achselhöhlen auf. Selten kommen sie an der Bauchdecke, den Extremitäten, im Subkonjunktivalgewebe und am Gaumen vor. Eine Lipidurie ist in den ersten Tagen nach dem Trauma gewöhnlich Zeichen einer ernstesten Fettembolie. Mit Sudan III tritt eine Orangefärbung ein. Beim Verbrennungstest (Sizzle-Test nach Scuderi) verbrennt Patientenblut auf einer Drahtöse über offener Flamme, sofern es Fett enthält.

11.7 Neurochirurgie

Neurochirurgische Operationen werden v. a. bei intrakraniellen Tumoren, Schädel-Hirn-Traumen, Hirnaneurysmen und Bandscheibenschäden der Wirbelsäule erforderlich. Bei intrakraniellen Eingriffen wird das Ergebnis neurochirurgischer Operationen ganz entscheidend von der Aufrechterhaltung einer normalen Hirndurchblutung bestimmt. Obwohl das Gehirn nur 2–3% des Körpergewichts ausmacht, erhält es etwa 15% des HZV und verbraucht etwa 20% des vom Körper aufgenommenen Sauerstoffs. Glukose ist das Hauptsubstrat des zerebralen Energiestoffwechsels: $\text{Glukose} + 6 \text{ O}_2 = 6 \text{ CO}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O} + \text{Energie}$. Es wird demnach ebensoviel CO_2 produziert wie O_2 verbraucht wird, wobei die Glukose vollständig oxidiert wird. Somit ergibt sich in allen klinischen Situationen, die eine Reduktion des zerebralen Perfusionsdrucks beim Patienten erfordern, die Notwendigkeit der Normalisierung des arteriellen Glukosespiegels. Eine weitere spezielle Gefahr bei pathologischen Prozessen in der hinteren Schädelgrube gehört die Kompression der tiefen Hirnnerven am Hirnstamm und den sich ergebenden Schwierigkeiten für die Freihaltung der Atemwege aufgrund gestörter oder fehlender Schluck- oder Hu-

stenreflexe. Zusätzlich kann die Kompression des Atemzentrums und des Vasomotorenzentrums in der Medulla zu einer schweren Beeinträchtigung der kardiorespiratorischen Funktion führen.

11.7.1 Regulation der Hirndurchblutung

Die Hirndurchblutung (CBF) wird im wesentlichen von der arteriellen Kohlensäurespannung ($p_a\text{CO}_2$), der arteriellen Sauerstoffspannung ($p_a\text{O}_2$), dem arteriellen Blutdruck (Pr. art.), dem zentralen Venendruck (ZVD), bestimmten autoregulatorischen Mechanismen des Zerebralkreislaufs sowie den Auswirkungen der bei der Anästhesie verwendeten Pharmaka und Methoden bestimmt. Die Hirndurchblutung beträgt etwa 15% des HZV (ca. 750–800 ml/min oder 50–55 ml/min/100 g).

11.7.1.1 Arterieller Kohlensäuredruck ($p_a\text{CO}_2$)

Die Hirndurchblutung wird weitgehend vom $p_a\text{CO}_2$ reguliert, wobei Hyperkarbie, Vasodilatation und Hypokarbie eine Vasokonstriktion induziert. In einem Bereich des $p_a\text{CO}_2$ von 20–50 mm Hg nimmt die Hirndurchblutung – auch unter den Bedingungen einer Allgemeinanästhesie – um 1 ml/min/100 g pro 1 mm Hg Anstieg des $p_a\text{CO}_2$ zu. Bei einem $p_a\text{CO}_2$ von 20 mm Hg ist die Hirndurchblutung somit um 50% reduziert. Diese Regelung der zerebralen Durchblutung erfolgt über die Änderung des intrazerebralen pH-Werts, da CO_2 zwischen Gefäßsystem und Hirnmasse frei diffundieren kann, Bikarbonat jedoch nicht. Azidose verursacht Vasodilatation und damit eine starke Zunahme der Durchblutung, was besonders in der Nähe der Tumoren beobachtet wird (sog. Luxusperfusion).

11.7.1.2 Arterieller Sauerstoffdruck ($p_a\text{O}_2$)

Die arterielle Sauerstoffspannung ($p_a\text{O}_2$) besitzt vergleichsweise einen untergeordneten Einfluß auf die Hirndurchblutung. Erst bei einem Abfall des $p_a\text{O}_2$ auf < 50 mm Hg steigt der CBF über Vasodilatation an, während das Überschreiten normaler Sauerstoffpartialdrücke über Vasokonstriktion nur eine geringe Minderung des CBF bewirkt. Hyperkarbie und Hypoxämie wirken synergistisch.

11.7.1.3 Arterieller Blutdruck (Pr. art.)

Durch Autoregulation wird die Hirndurchblutung auch bei unterschiedlichen Blutdruckwerten konstant gehalten; sie erzeugt Vasokonstriktion bei erhöhtem und Vasodilatation bei vermindertem Blutdruck. Bei gesunden Patienten erfolgt diese Regulation bis zu einem Blutdruckwert von 60 mm Hg; darunter wird die Hirndurchblutung druckabhängig vermindert. Die obere Grenze der Autoregulation liegt bei gesunden Patienten bei 160 mm Hg; danach wird die Durchblutung wiederum druckabhängig gesteigert. Die Autoregulation ist bei Hypertonie vermindert, indem erst wesentlich höhere Drücke als 160 mm Hg eine Steigerung des CBF bewirken. Der Mechanismus der Autoregulation ist noch nicht restlos geklärt; er kann durch den Einfluß von Hypoxie, Hyperkarbie, zentralnervöser Blockierung (z. B. Medikamente, tiefe Narkose) und chirurgische Traumatisierung gestört werden. In geschädigten Hirnbezirken (z. B. Schädel-Hirn-Trauma, Tumor) ist die Autoregulation weitgehend aufgehoben, so daß Hyperkarbie zwar die Durchblutung gesunder Hirnbezirke steigert, dies aber stets auf Kosten kranken Hirngewebes erfolgt (Steal-Phänomen. Akute Druckerhöhungen (z. B. Glomerulonephritis, Schwangerschaftstoxikose, Intubation) können ebenso wie akute Druckabfälle in geschädigten Bezirken schwere zerebrale Schäden verursachen [3, 164, 182, 199, 247, 279, 305, 306, 323, 343, 353, 553, 560].

11.7.1.4 Zentraler Venendruck (ZVD)

Ein Anstieg des ZVD wird direkt an die zentralen Venen übertragen. Die Einwirkungen des erhöhten ZVD müssen insbesondere bei der Verwendung von PEEP berücksichtigt werden.

11.7.1.5 Narkotika

Inhalationsnarkotika, intravenöse Narkotika und Muskelrelaxanzien beeinflussen den CBF entweder durch vasodilatatorische oder vasokonstriktorische Effekte.

Halothan. Halothan verursacht eine dosisabhängige Steigerung der zerebralen Durchblutung durch Vasodilatation. In Verbindung mit Hyperventilation wird dieser Effekt nicht beobachtet.

Enfluran. Enfluran verursacht ähnliche Wirkungen im Bereich der zerebralen Durchblutung wie Halothan, jedoch ist die Hypokarbieprotektion nicht so gut ausgebildet. Enfluran kann die Aktivität des ZNS steigern.

Isofluran. Isofluran verursacht ähnliche Wirkungen wie Halothan, jedoch keine Aktivitätssteigerung des ZNS wie Enfluran.

Lachgas. N₂O besitzt kaum Einfluß auf den CBF und die Autoregulation. Bei Patienten, denen bei der präoperativen Diagnostik Luft in die zerebralen Ventrikel verabreicht wurde, kann es infolge der größeren Löslichkeit des N₂O gegenüber dem Stickstoff der Atemluft zu einem abrupten Anstieg des ICP kommen.

Ketamin. Ketamin ist ein potenter zerebraler Vasodilatator (CBF wird um > 60% bei Normokarbie gesteigert). Die vorherige Gabe von Thiopental kann diesen Effekt jedoch mindern. Ebenso wie Enfluran stimuliert Ketamin das ZNS.

Barbiturate. Barbitursäurepräparate sind potente zerebrale Vasokonstriktoren, so daß CBF und ICP abnehmen. Die Wirkung ist dosisabhängig, insbesondere unter den Bedingungen der Hypoxie. Tiefe Thiopentalnarkosen bewirken bei Normokarbie eine Reduktion der CBF um 50% und damit eine Abnahme des zerebralen O₂-Verbrauchs.

Opioide. Opioide wirken als zerebrale Vasokonstriktoren, jedoch nicht so ausgeprägt wie Barbiturate.

11.7.1.6 Muskelrelaxanzien

Muskelrelaxanzien, die Histamin freisetzen, sind zerebrale Vasodilatoren (z. B. d-Tubocurarin). Die anderen Präparate besitzen keinen Einfluß auf den CBF. Succinylcholin steigert den ICP durch Anstieg des Venendrucks infolge Erhöhung des intraabdominalen Drucks beim Wirkungseintritt.

11.7.2 Regulation des intrakraniellen Drucks (ICP)

Das Erwachsenengehirn besitzt ein Volumen von 1200–1400 ml, wovon sich 85% auf Hirngewebe und Wasser, 8–12% auf Liquor und 3–7% auf Blut verteilen. Da die intrakranielle Compliance infolge der knöchernen Schädeldecke sehr gering ist und die Beziehungen zwischen intrakraniellm Volumen und ICP nicht linear, sondern

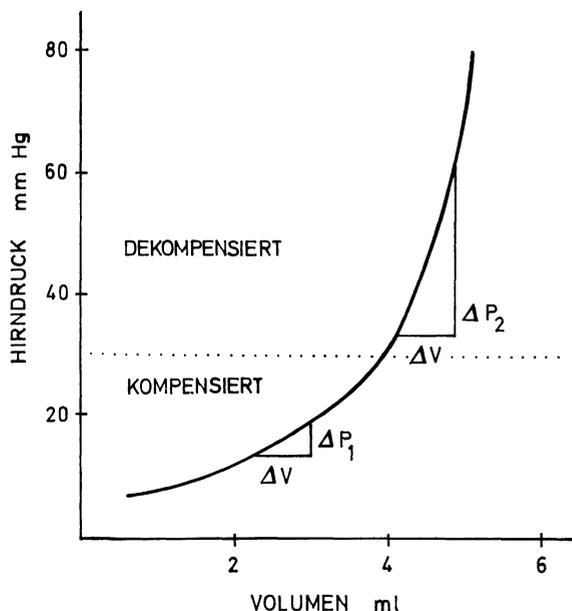


Abb. 11.7. Beziehungen zwischen intrakraniellm Volumen und intrakraniellm Druck. Der Kurvenverlauf zeigt deutlich, daß nach Überschreiten eines Grenzwerts schon eine relativ geringe Volumenzunahme einen erheblichen Druckanstieg bewirkt

exponentiell verlaufen (Abb. 11.7), können nach Ausschöpfung der geringen Kompensationsmöglichkeiten schon relativ geringe Volumenverschiebungen ausgeprägte Veränderungen des ICP bewirken. Bei Patienten mit zerebralen Erkrankungen ist in der Regel primär unbekannt, in welchem Bereich der Volumen-Druck-Kurve sich der Kranke befindet; deshalb müssen alle Faktoren vermieden werden, die zu einer Erhöhung des intrakraniellen Drucks führen. Das sind in erster Linie Steigerungen des Wassergehalts des Gehirns infolge Störungen der Blut-Hirn-Schranke (z. B. nach Schädel-Hirn-Trauma) bzw. forciertes Infusionstherapie, Erhöhung des intrazerebralen Blutvolumens infolge Vasodilatation durch Hyperkapnie oder durch unkritischen Einsatz der Inhalationsnarkotika (s. 5.3). Die Prophylaxe oder Therapie eines gesteigerten ICP besteht somit je nach pathophysiologischer Ursache in der Gabe von Osmotherapeutika (z. B. Mannitol oder Harnstoff), einer leichten Hyperventilation ($p_a\text{CO}_2 \sim 30$ mm Hg), der Verwendung von intravenösen Narkotika, in der Ausräumung eines Hämatoms, im Entzug von Liquor, sowie der Applikation von Kortikosteroiden (z. B. Dexamethason (0,1 mg/kg KG) i. v.).

11.7.3 Operationsvorbereitung

Vor der Durchführung einer Anästhesie für neurochirurgische Operationen sollte geprüft werden, ob beim Patienten ein erhöhter ICP besteht. Ist eine Hirndruckmessung bisher nicht erfolgt, so weisen einige klinische Zeichen (z. B. Übelkeit, Erbrechen, Bewußtseinstörung, Pupillenerweiterung, Bradykardie, Hypertension, Atemstörungen) darauf hin. Neben den allgemein üblichen Vorbereitungsmaßnahmen (z. B. Bereitstellung von Transfusionsblut, Schaffung zuverlässiger Infusionswege, Ausgleich bestehender Volumendefizite) sind bei neurochirurgischen Opera-

tionen im Rahmen der Operationsvorbereitung einige Besonderheiten bei der Prämedikation, der Lagerung des Patienten und der intraoperativen Überwachung erforderlich.

11.7.3.1 Prämedikation

Die Prämedikation vor neurochirurgischen Operationen entspricht weitgehend den geltenden Regeln; nach Möglichkeit sollten jedoch nur geringe Dosen von Hypnotika und Analgetika verwendet werden, um ihre Wirkung nicht auf die postoperative Phase auszudehnen.

Bei Patienten mit Bewußtseinsstörungen und erhöhtem Hirndruck, sowie mit Läsionen in Hirnbereichen, die für die Steuerung der Atmung mitverantwortlich sind (z. B. Hypothalamus, Mittelhirn, Brücke, Medulla oblongata), sollten Opioide nicht appliziert werden, allenfalls wird Atropin verordnet. Diazepam (0,2 mg/kg KG) hat keinen Einfluß auf den ICP, so daß auch diese Substanz zur Prämedikation verwendet werden kann.

11.7.3.2 Lagerung

Die Lagerung des Patienten auf dem Operationstisch erfolgt in Abhängigkeit von der Art des vorgesehenen Eingriffs in unterschiedlicher Form. Die meisten neurochirurgischen Operationen werden in Rückenlage mit leicht erhöhtem Kopf (ca. 10–15°) durchgeführt. Seitenlagerung ist erforderlich, wenn in der hinteren Mittellinie operiert werden soll (z. B. temporoparietale Kraniotomie). Die sitzende Position eignet sich für operative Eingriffe in der hinteren Schädelgrube und an der oberen Halswirbelsäule. Da die sitzende Position mit den Risiken von Luftembolie und vasomotorischen Störungen verbunden ist, sind besondere Überwachungsmethoden (z. B. Kapnograph, Dopplergerät) und prophylaktische Maßnahmen (z. B. Auswickeln der Beine) erforderlich. Zwar könnten Operationen in der hinteren Schädelgrube und an der Wirbelsäule auch in Bauchlage durchgeführt werden, doch erscheint diese Position unter allen Lagerungsmöglichkeiten am wenigsten für neurochirurgische Eingriffe geeignet, da sie die Compliance der Lunge vermindert, demzufolge erhöhte Beatmungsdrücke erfordert und somit den venösen Rückfluß reduziert.

11.7.3.3 Monitoring

Die intraoperative Überwachung erfordert eine kontinuierliche Ableitung des EKG, die Registrierung der Herzfrequenz, die direkte Messung des arteriellen Blutdrucks, sowie die Messung des ZVD, der Körpertemperatur und des Harnzeitvolumens. Wiederholte Kontrollen von Hb, Hkt und der arteriellen Blutgase, sowie nach Möglichkeit die kontinuierliche Messung der endexpiratorischen Kohlendioxidspannung, sind wertvolle Orientierungshilfen. Bei Operationen in sitzender Position sollten entweder Kapnograph oder Dopplergerät eingesetzt werden.

Tabelle 11.1. Wirkung von Narkotika und Muskelrelaxanzien auf Hirndurchblutung (CBF), Hirndruck (ICP), zerebralen Perfusionsdruck (CPP) und arteriellen Blutdruck (MAP)

Substanz	CBF	ICP	CPP	MAP
Thiopental	↓↓	↓↓	±↑	↓
Fentanyl – DHB	↓	↓	±↑	↓
Ketamin	↑	↑	↓↓	↑
Lachgas	?	↑	±	±
Halothan	↑	↑	↓	↓
Enfluran	±↑	↑	±↓	↓
Isofluran	↑	↑	↓	↓
Succinylcholin	?	?	±	±
d-Tubocurarin	↑	↑	↓	↓
Pancuronium	±↓	±↓	↑	↑

11.7.4 Anästhesieverfahren

Das Anästhesieverfahren der Wahl bei neurochirurgischen Eingriffen ist die Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation. Die Auswahl der Narkotika orientiert sich an dem Einfluß der Substanzen auf die Hirndurchblutung (CBF), den intrakraniellen Druck (ICP), den zentralen Perfusionsdruck (CPP) und den Blutdruck (MAP) (Tabelle 11.1). Die Inhalationsnarkotika Halothan, Enfluran und Isofluran erhöhen über eine zerebrale Vasodilatation die Hirndurchblutung und konsekutiv den Hirndruck. Hyperventilation kann diese Effekte teilweise oder sogar ganz kompensieren. Da die Kompensationsfähigkeit des Gehirns im Einzelfall jedoch nicht bekannt ist, sollten insbesondere bei Patienten mit vorbestehender Hirndruckerhöhung Inhalationsnarkotika mit Zurückhaltung verwendet werden.

Die intravenösen Narkotika senken mit Ausnahme von Ketamin über eine zerebrale Vasokonstriktion den Hirndruck; sie erscheinen somit für den Einsatz in der Neurochirurgie bevorzugt geeignet.

Lachgas kann den ICP bei Patienten mit zerebralen Erkrankungen durch eine selektive Vasodilatation erhöhen.

Nach Möglichkeit sollten die verwendeten Substanzen so dosiert werden, daß nach dem Eingriff eine schnelle Wiederherstellung des Bewußtseins des Patienten erfolgt. Deshalb ist auch die vorausgehende Dauermedikation mit Sedativa, Psychopharmaka und Analgetika bei der Auswahl und Dosierung der verwendeten Substanzen zu berücksichtigen.

11.7.4.1 Narkoseeinleitung

Zur Einleitung der Narkose sind die üblichen intravenösen Narkotika (insbesondere Thiopental) geeignet. Es ist streng darauf zu achten, daß Blutdrucksteigerungen, Blutdruckabfälle, Husten und Pressen vermieden werden (insbesondere bei Zustand nach Subarachnoidalblutung, intrakraniell Aneurysma). Die endotracheale Intubation sollte nur bei ausreichender Narkosetiefe, am besten erst nach Applikation von Lidocainspray, guter Präoxygenierung mit Hyperventilation und unter Vermeidung einer Reklination des Kopfes, erfolgen. Ein Spiraltubus (Wood-

bridge) ist zur Vermeidung evtl. Abknickung zu bevorzugen. Barbiturate vermindern die Hirndurchblutung und können eine selektive zerebrale Vasokonstriktion verursachen. Dieser Effekt, zusammen mit einer Reduzierung des $CMRO_2$, hat die Barbiturate für die neurochirurgische Anästhesie zum Einleitungsmittel der Wahl gemacht.

11.7.4.2 Aufrechterhaltung der Narkose

Die Aufrechterhaltung der Narkose erfolgt bevorzugt in Neuroleptanästhesie. Es sind jedoch auch Inhalationsnarkotika bei neurochirurgischen Eingriffen an Patienten mit normalem ICP geeignet, wenn einige Minuten vor ihrer Applikation der p_aCO_2 durch Hyperventilation auf einen Wert von ~ 30 mm Hg eingestellt wird. Ketamin steigert die zerebrale Durchblutung und erhöht den intrakraniellen Druck. Unter den MR sind dMR und ndMR geeignet; unter den ndMR sollten insbesondere Alcuronium und Pancuronium (0,1–0,15 mg/kg KG) wegen ihrer geringen hämodynamischen Nebenwirkungen bevorzugt werden. Die nach dMR beobachteten Hirndrucksteigerungen sind auf die initialen Muskelfaszikulationen zurückzuführen und nicht durch einen direkten hirndrucksteigernden Effekt bedingt. Die konsequente Einhaltung einer leichten Hyperventilation ($p_aCO_2 \sim 30$ mm Hg) ist eine wesentliche Maßnahme bei neurochirurgischen Anästhesien. Abrupte Änderungen des arteriellen Kohlendioxidpartialdrucks sind zu vermeiden. Eine ausreichende Oxygenierung ($F_I O_2 = 0,5$) ist sicherzustellen, um hypoxiebedingte Vasodilatationen des Zerebralkreislaufs auszuschließen. Zur Verbesserung der venösen Drainage ist eine Hochlagerung des Oberkörpers anzustreben.

Massive intraoperative Hirnschwellungen erfordern eine zurückhaltende Infusionstherapie, die Verbesserung der Drainagebedingungen (z. B. Oberkörperhochstellung, Vermeidung einer Reklination des Kopfes), Hyperventilation, Osmodiuretika, Steroide und/oder Hypnotika.

Als Osmodiuretika sind vorwiegend Harnstoff und Mannitol in Verwendung. Harnstoff wirkt zwar nur 2–3 h, die osmotische Kraft ist jedoch größer als beim Mannitol, das etwa 4–5 h wirksam ist. In der Regel wird 20%iges Mannitol (1,5 g/kg KG) i. v. verabreicht.

Die Steroidtherapie wird zur Stabilisierung der Blut-Hirn-Schranke eingesetzt. Das derzeit gebräuchlichste Steroid ist Dexamethason (z. B. Fortecortin 1,5 mg/kg KG initial; 0,1 mg/kg KG alle 3 h). Andere Glukokortikoide können ebenfalls entsprechend den Äquivalenzdosen eingesetzt werden (Tabelle 11.2).

Peripher vasodilatierende Substanzen (z. B. Trimetaphan, NNP, NTG) steigern die intrazerebrale Durchblutung und den ICP, obwohl sie den arteriellen Blutdruck mindern; sie müssen deshalb unter entsprechender Kritik verabreicht werden.

Tabelle 11.2. Äquivalenzdosen für die verschiedenen Kortikoide

Substanz	Dosierungsbeispiele (mg)			
Betamethason	1	3	6	15
Dexamethason	1,5	4	8	20
Paramethason	3	8	16	40
Prednisolon	7,5	20	40	100
6-Methyl-prednisolon	6	16	32	80
16-Methyl-prednisolon	9	24	48	120
Fluocortolon	7,5	20	40	100

Die intraoperative Infusionstherapie ist dem Blutverlust anzupassen; Hypervolämie muß strikt vermieden werden. Reine Glukoselösungen (freies Wasser) sollten nicht infundiert werden; hingegen sind Elektrolytlösungen (Ringerlaktat 1–3 ml/kg KG/h) gut geeignet, da sie schnell im gesamten extravaskulären Raum verteilt werden.

11.7.5 Operationsspezifische Besonderheiten

Im Rahmen der Neurochirurgie werden vorwiegend intrakranielle Eingriffe sowie Operationen an der Wirbelsäule und an peripheren Nerven durchgeführt. Besondere anästhesiologische Maßnahmen sind v. a. bei den intrakraniellen Eingriffen erforderlich.

11.7.5.1 Intrakranielle Operationen

Der überwiegende Anteil intrakranieller Operationen betrifft die Versorgung epiduraler und subduraler Blutungen sowie die Exstirpation von Tumoren (Gliome, Meningeome, Hypophysentumoren). Die Beseitigung intrakranieller Gefäßprozesse wird vergleichsweise seltener durchgeführt. Bei allen diesen Eingriffen besteht eine wesentliche Aufgabe des Anästhesisten darin, den intrakraniellen Druck im Normbereich zu halten, bzw. zu senken, sowie auf hämodynamische und respiratorische Störungen entsprechend zu reagieren. Bei einigen Eingriffen sind besondere technische Maßnahmen zu berücksichtigen. Nach Möglichkeit sollte bereits intraoperativ ein Druckaufnehmer zur Messung des ICP implantiert werden.

Schädel-Hirn-Trauma (SHT). Patienten mit SHT leiden zumeist auch an anderen Verletzungen. Erst nach Stabilisierung der Vitalfunktion sollte eine weitergehende Diagnostik (z. B. Röntgenuntersuchung, CT) erfolgen. Der neurologische Status sollte zuverlässig dokumentiert werden (z. B. Glasgow-Skala), um Verlaufsänderungen deutlich zu machen.

Epidurales Hämatom. Das epidurale Hämatom entsteht durch eine arterielle Blutung zwischen Schädeldecke und Dura. Typisch ist die kurze Periode der Bewußtlosigkeit, der Kopfschmerzen, neurologische Seitensymptomatik und Koma können folgen. Im Röntgenbild sind in der Regel Schädelfrakturen nachweisbar.

Subdurales Hämatom. Das subdurale Hämatom entsteht durch eine venöse Blutung zwischen Dura und Arachnoidea. Die zerebrospinale Flüssigkeit bleibt klar, da sie subarachnoidal liegt. Die Symptome entwickeln sich wegen des langsameren Verlaufs einer venösen Blutung über Tage. Am häufigsten klagen die Patienten über Kopfschmerz, Schläfrigkeit und Gefühlsstörungen. In Einzelfällen können Seitenzeichen auftreten. Die Diagnose läßt sich gut durch eine CT sichern.

Hirnprotektion bei SHT. Die Erfolge der Barbiturattherapie bei Patienten mit SHT sind gut. Als Richtlinie für die Therapie hat sich die Messung des ICP bewährt. Daneben kommen hyperosmolare Infusionen und Hyperventilation ($p_a\text{CO}_2 \sim 30$ mm Hg) zum Einsatz. Die Barbiturattherapie sollte eingesetzt werden, wenn der ICP trotz anderer Maßnahmen hoch bleibt. Das Ziel sollte sein, den ICP in einem Bereich von < 20 mm Hg zu halten, ohne daß Plateauwellen auftreten.

Primär werden 3–5 mg/kg KG Pentobarbital, gefolgt von 3–6 mg/100 ml Infusionsflüssigkeit verabreicht. Die Gefahren dieser Therapie bestehen aus Hypotension und Myokarddepression. Wenn Barbiturate den ICP nicht reduzieren, ist dies als prognostisch schlechtes Zeichen zu werten.

Intrakranielle Tumoren. Bei diesen Tumoren handelt es sich entweder um Primärtumoren, die i. allg. zwischen dem 40.–60. Lebensjahr auftreten, oder um metastatische Tumoren. Intrakranielle Tumoren sind bei Erwachsenen vorwiegend supratentoriell, bei Kindern v. a. infratentoriell lokalisiert.

Wenn diese Tumoren zu einem Hirnödem geführt haben, kann bei supratentoriellen Prozessen das Hirngewebe durch das Tentorium in Form einer Hernie hindurchtreten. Es kommt dann zur Kompression des N. oculomotorius (homolaterale Pupillenerweiterung), bei Kompression des Mittelhirns kommt es zu Apnoe und Bewußtlosigkeit.

Die häufigsten intrakraniellen Tumoren sind Glioblastome, Meningeome, Astrozytome und Medulloblastome, seltener werden HVL-Tumoren und metastatische Hirntumoren operiert.

Glioblastome. Diese Tumoren sind hoch maligne und zeigen ein infiltratives Wachstum. Die Überlebenszeit der betroffenen Patienten nach Stellung der Diagnose beträgt < 6 Monate.

Meningeome. Bei diesen Tumoren handelt es sich um langsam wachsende, gutartige Tumoren. Sie entstehen aus Durazellen und können in die venösen Sinus, die von Duraapplikationen gebildet werden, einbrechen oder sie komprimieren. Die speziellen Risiken sind Venenthrombose, Blutung und Luftembolie.

Astrozytome. Astrozytome zeigen ein langsames Wachstum mit Hirndrucksymptomatik; sie finden sich häufig bei Kindern.

Medulloblastome. Diese Tumoren wachsen bevorzugt im Zerebellum und finden sich häufig bei Kindern.

Hydrozephalus. Infolge degenerativer Erkrankungen des Nervensystems, v.a. bei Aquäduktenstenose und Arnold-Chiari-Mißbildung, kann es zum Hydrozephalus kommen, der durch Anlage eines Ventrikelschunts entlastet wird.

Stereotaktische Operationen. Bei stereotaktischen Operationen, die in der Regel bei Patienten mit M. Parkinson, choreoathetischen Bewegungsstörungen, chronischen Schmerzzuständen, psychischen Erkrankungen und Epilepsie durchgeführt werden, ist mitunter die Mitarbeit des Kranken für den Operateur von Bedeutung. Da die Anästhesie nur für die schmerzhaften Operationsphasen erforderlich ist, bevorzugen manche Operateure die Regionalanästhesie mit oder ohne Sedierung, andere ein zweizeitiges Vorgehen. Dabei werden die schmerzhaften Manipulationen am Vortag des eigentlichen Eingriffs in Allgemeinanästhesie und die definitive stereotaktische Operation dann ohne Anästhesie durchgeführt.

Kryochirurgie des HVL. Die Operation verfolgt die totale oder subtotale Zerstörung des HVL durch radioaktive Substanzen oder durch Kryochirurgie. Die Hypophyse wird entweder auf transnasalem-transphenoidalem Wege oder durch transfrontale Kraniotomie erreicht. Beim transphenoidalen Zugang sollte der Rachen sorgfältig tamponiert werden, um einen Blutabfluß in den Tracheobronchialtrakt auszuschließen. Bei Akromegalie ist der Abstand von der Zahnreihe zum Kehlkopf erheblich verlängert, die Zunge ist vergrößert (erschwerter Intubation, langes Spatelblatt bereithalten). Häufig finden sich Kohlenhydratstoffwechselstörungen und Hypertonie.

11.7.5.2 Operationen an der Wirbelsäule und an peripheren Nerven

Operationsspezifische Besonderheiten sind bei diesen Eingriffen nicht zu berücksichtigen. Während bei den Wirbelsäulenoperationen die Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation unter Analgetikasupplementierung bevorzugt eingesetzt wird, kommen bei den peripheren Nervennähten sowohl Allgemeinanästhesien mit endotrachealer Intubation und Inhalationsnarkotika als auch Regionalanästhesieverfahren zum Einsatz. Die Auswahl des Anästhesieverfahrens wird von der Art der Nebenerkrankungen des Patienten und der zeitlichen Ausdehnung der Operation bestimmt.

Bei Wirbelsäulenoperationen ist darauf zu achten, daß durch die Bauch- oder Seitenlagerung der venöse Rückfluß nicht behindert und damit Ursache erhöhter Blutverluste wird. Stärkere Blutungen können im Bereich von Muskulatur und Epiduralgefäßen auftreten.

Bei den peripheren Nervennähten wird vom Operateur in der Regel ein Nervenstimulator eingesetzt, dessen Funktion nur bei fehlender Muskelrelaxation einwandfrei ist. Für Nervennähte eignen sich deshalb v. a. die Methoden der Regionalanästhesie; doch sollten die Probleme einer möglichen längeren Operationszeit (z. B. Lagerungsunbequemlichkeit, Auskühlung) und evtl. forensische Probleme (Nervenläsion als Anästhesiefolge) in die Überlegungen zur Auswahl des Anästhesieverfahrens einbezogen werden.

11.7.5.3 Intraoperative Störungen

Im Verlaufe neurochirurgischer Operationen sind Störungen der Hämodynamik und der Ventilation keine Seltenheit. Dies erklärt sich aus der engen Nachbarschaft von Operationsgebiet und den Regulationszentren von Kreislauf und Atmung, den mitunter ausgeprägten Nervenstimulationen und der gerade bei neurochirurgischen Operationen gehäuft bestehenden Möglichkeit einer Luftembolie.

Nervenstimulation. Insbesondere bei Eingriffen im Bereich des V. (N. trigeminus) und X. (N. vagus) Hirnnerven (z. B. bei Exstirpation eines Akustikusneurinoms) sind hyper- und hypotensive Reaktionen häufig. In der Regel verursacht die Stimulation des N. trigeminus Tachykardie und Hypertension, die des N. vagus Bradykardie und Hypotension. Außerdem kann jede operative Maßnahme im Bereich des 3. und 4. Ventrikels sowie des Hypothalamus zu schweren Kreislaufdysregulationen führen. Auch orbitale Dekompression und Tonsillarhernien gehen mit plötzlichen Veränderungen der Hämodynamik einher. Die Behandlung dieser Störungen sollte deshalb auch darin bestehen, den Operateur um Unterbrechung des Eingriffs zu bitten.

Luftembolie. Venöse Luftembolien sind immer möglich, wenn das Operationsgebiet oberhalb des Herzens liegt. Durch Luftbeimischung wird die Durchblutung des Pulmonalkreislaufs gestört. Daraus können Bronchokonstriktion, Lungenödem, arterielle Hypoxämie und Herz-Kreislauf-Versagen resultieren. Die Luftembolie imponiert durch Herzfrequenzsteigerung bei Blutdruckabfall ohne nachzuweisenden Volumenverlust. Luftembolien sind v. a. bei Operationen an sitzenden Patienten (z. B. Eingriffe in der hinteren Schädelgrube, Wirbelsäulenoperationen) zu erwarten. Das erste Zeichen im Rahmen der Narkoseventilation ist der abrupte Abfall der endexpiratorischen Kohlendioxidspannung (z. B. mit dem Kapnograph).

Andere diagnostische Zeichen ergeben sich aus der Untersuchung mit einem Dopplergerät sowie aus dem EKG (Depression des ST-Segments). Der Patient muß sofort in linke Seitenlage unter Tieflagerung des Kopfes gebracht werden. Bei liegendem Zentralvenenkatheter sollte versucht werden, Luft aus dem rechten Herzen abzusaugen (s. 6.9.1.4). Zur Vermeidung einer Luftembolie sollten Lageveränderungen des Patienten nur langsam durchgeführt werden. Darüber hinaus sollten vor der Lagerung in die sitzende Position mindestens 300–500 ml einer Elektrolytlösung intravenös infundiert werden. Bei blutiger Druckmessung erscheint es vorteilhaft, den Druckaufnehmer in Höhe der Schädelbasis anzubringen, so daß der zentrale arterielle Blutdruck direkt gemessen werden kann. Die richtige Lagerung der Dopplersonde ist entscheidend für die Diagnose einer Luftembolie. Es muß angestrebt werden, die vom rechten Herzen ausgehenden Herztöne zu hören. Obwohl noch nicht allgemein anerkannt, herrscht doch zunehmend die Meinung, daß sich die ideale Lage der Katheterspitze zur Entfernung von Luft unmittelbar über dem rechten Vorhof befindet. Eine Sofortmaßnahme stellt die beidseitige Jugularvenenkompression dar.

Die Zumischung von N₂O in das Inhalationsgas muß sofort unterbrochen werden, da N₂O in die Luft eintritt und die Gasblasen expandiert. Außerdem sollte PEEP eingeschaltet werden, um den Venendruck zu erhöhen (jedoch nicht prophylaktisch).

Störungen der Atmung. Infolge der kontrollierten Beatmung während der Operation bleiben Störungen der Atmung zumeist unerkannt. Grundsätzlich können Krankheitsprozesse im Bereich des Hypothalamus zur Apnoe führen (prognostisch ungünstig). Andererseits können Eingriffe im dorsalen Anteil der Medulla oblongata eine Hyperventilation auslösen. Nach Operationen im Bereich des Hirnstamms ist die Ausbildung apnoischer Pausen möglich.

11.7.5.4 Postoperative Phase

In der postoperativen Phase ist die Indikation zur Respiratortherapie großzügig zu stellen. Eine evtl. erforderliche Bronchialtoilette sollte unter Vermeidung von Husten und Pressen durchgeführt werden. Der neurochirurgische Patient benötigt mindestens 48 h postoperative Spezialpflege mit regelmäßiger Kontrolle von Blutdruck, Herzfrequenz, Atemfrequenz, Bewußtseinslage, Pupillenreaktion, Extremitätenbeweglichkeit, sowie u. U. des Hirndrucks. Der Patient sollte sich möglichst in Seitenlage befinden. Da nach Operationen in der hinteren Schädelgrube die Sensibilität von Larynx und Pharynx herabgesetzt sein kann, müssen besondere Maßnahmen zur Pneumonieprophylaxe durchgeführt werden (z. B. Absaugen, Atemgymnastik). Zur Vermeidung eines postoperativen Hirnödems und damit der Steigerung des ICP, sind Einschränkungen der Flüssigkeitszufuhr und antiödematöse Maßnahmen (z. B. Steroidtherapie, Osmodiurese) durchzuführen.

Methoden zur Senkung des Hirndrucks. Da die individuelle Grenze der Druck-Volumen-Kurve von Patient zu Patient verschieden ist, sollte man einen ICP > 20 mm Hg nicht zulassen. Als Methoden der ICP-Senkung werden Lagerungsmaßnahmen, Hyperventilation, hyperosmolare Stoffe, Diuretika, Kortikosteroide, Barbiturate und die Drainage der zerebrospinalen Flüssigkeit empfohlen.

Lagerung. Durch Hochlagerung des Kopfes sowie durch Vermeidung von Überstreckung und Rotation des Kopfes wird die venöse Drainage verbessert.

Hyperventilation. Der Abfall der $p_a\text{CO}_2 < 30$ mm Hg reduziert die zerebrale Durchblutung, ohne eine Ischämie zu verursachen. Bei Kindern kann die $p_a\text{CO}_2$ -Minderung bis auf einen Wert von 20–25 mm Hg erfolgen.

Hyperosmolare Stoffe. Mannitol und Harnstoff reduzieren den Wassergehalt des Gewebes. Bei Verwendung dieser Substanzen muß jedoch berücksichtigt werden, daß die über den Harn erfolgenden Verluste an Wasser und Elektrolyten (K) entsprechend substituiert werden. Voraussetzung zur erfolgreichen Anwendung der Osmotherapeutika ist eine intakte Blut-Hirn-Schranke, damit die Osmotherapeutika nicht in das Hirngewebe diffundieren und dort das Ödem verstärken.

Mannitol (0,25–1,0 g/kg KG) wird in 15–30 min intravenös infundiert. Die Substanz entzieht dem Gewebe etwa 100 ml H₂O und wirkt 6 h. Als Nebenreaktion kann es zum Blutdruckanstieg und zur Vasodilatation kommen.

Harnstoff (1,0–1,5 g/kg KG) wird in 15–30 min intravenös infundiert. Durch Penetration der Substanz in das Hirngewebe ist nach etwa 3–7 h ein sog. Reboundeffekt möglich, der etwa 12 h anhält. Bei Verwendung von Harnstoff sind venöse Thrombosen relativ häufig.

Diuretika. Unter den Diuretika werden v. a. Furosemid und Ethacrynsäure verwendet. Furosemid (1 mg/kg KG i. v.) verändert die Serumosmolarität und die Kaliumkonzentration nicht. Die Substanz ist deshalb besonders bei Patienten mit gestörter Blut-Hirn-Schranke indiziert.

Kortikosteroide. Unter den Kortikosteroiden werden v. a. Dexamethason und Methylprednison eingesetzt. Der Mechanismus ihrer hirnpotektiven Wirkung ist noch nicht genau bekannt, diskutiert wird eine Stabilisierung der Kapillarmembran und/oder die Reduktion der Bildung von zerebrospinaler Flüssigkeit. Am besten reagieren Patienten mit metastatischen Tumoren und Glioblastomen. Besserungen des Allgemeinzustands sind frühestens nach 12–36 h zu erwarten.

Zerebrospinale Drainage. Eine Verminderung von Liquor cerebrospinalis kann entweder aus dem lateralen Ventrikel oder aus dem Spinalkanal erfolgen. Spinalpunktionen sollten nur bei Patienten mit Hypophysenoperationen oder intrazerebralen Aneurysmen erfolgen, ansonsten besteht die Gefahr der Einklemmung des Zerebellums in das Foramen magnum.

11.8 Hals-Nasen-Ohren-Chirurgie

Operative Eingriffe im Bereich von Hals, Nase oder Ohr beinhalten für den Anästhesisten mitunter erhebliche Erschwernisse. Insbesondere die Aufrechterhaltung freier Atemwege kann häufig mit den Interessen des Operateurs kollidieren. Der operative Eingriff darf deshalb grundsätzlich erst dann beginnen, wenn alle Sicherheitsmaßnahmen zur Freihaltung der Atemwege getroffen worden sind. Des Weiteren kann die lokale Anwendung von katecholaminhaltigen Lösungen bei Inhalationsnarkosen Ursache erheblicher Herzrhythmusstörungen sein [101, 117, 400, 428].

11.8.1 Operationsvorbereitung

Neben den allgemein üblichen Vorbereitungsmaßnahmen (z. B. Behandlung evtl. bestehender Nebenerkrankungen, Bereitstellung von Transfusionsblut, Schaffung zuverlässiger Infusionswege usw.) erfordert insbesondere die Prämedikation, die Lagerung und die Überwachung des Patienten ein differenziertes Vorgehen.

Prämedikation. Bei der medikamentösen Operationsvorbereitung sollte berücksichtigt werden, daß Fentanyl und andere Opioidderivate einen negativen Einfluß auf das laryngeale Reflexgeschehen besitzen, v. a. bei Patienten im höheren Lebensalter. Derartige Präparate sollten deshalb bei Hals- und Nasenoperationen mit entsprechender Zurückhaltung verabreicht werden. Bei Operationen im Mittel- und Innenohrbereich können Opiode Übelkeit und Erbrechen auslösen, so daß auch in diesen Fällen weitgehend auf derartige Substanzen verzichtet werden sollte.

Zur Sedierung des Patienten ist Diazepam (0,2 mg/kg KG) gut geeignet. Atropin wird in üblicher Dosierung (0,01 mg/kg KG) verabreicht. Antiemetika (z. B. Psyquil) sind in vielen Situationen indiziert und tragen wesentlich zur Verbesserung des postoperativen Verlaufs bei.

Lagerung. Die Lagerung des Patienten kann bei nahezu allen operativen Eingriffen dieses Fachbereichs in Rückenlage erfolgen. Zur Verminderung einer Blutungsgefahr ist die Erhöhung des Operationsgebiets über das Gesamtkörperriveau (z. B. bei Ohrenoperationen) angezeigt. Andererseits bevorzugen viele Operateure bei Eingriffen im Bereich des Rachens eine Lagerung mit herabhängendem Kopf.

Überwachung. Neben der routinemäßigen Registrierung von Blutdruck und Pulsfrequenz, sowie der Ableitung des EKG, sollte vor jedem operativen Eingriff sichergestellt sein, daß ein freier und gut abgedichteter Atemweg garantiert ist. Dazu gehören die sorgfältige Auskultation der Lungen, die Überprüfung der Dichtigkeit der Tubusmanschette (Stethoskop), die zusätzliche Tamponade des Rachenraums bei Operationen mit Blutabfluß in diesen Bereich (z. B. Tonsillektomie, Nasenplastik), die Fixierung des Tubus am Patienten und an den Atemschläuchen mit Heftpflasterstreifen zum Schutz vor Diskonnektionen, sowie die kontinuierliche Kontrolle des Beatmungssystems (Druckmanometer, Diskonnektionsalarm) während des operativen Eingriffs.

11.8.2 Anästhesieverfahren

Bei operativen Eingriffen an Hals, Nase oder Ohren kommen vorrangig die Methoden der Allgemeinanästhesie zur Anwendung. Nur einige wenige Eingriffe (z. B. Tonsillektomie) werden bei kooperativen Patienten in Regionalanästhesie durchgeführt.

Zur Narkoseeinleitung sind die üblichen intravenösen Narkotika geeignet. Für die Aufrechterhaltung der Narkose eignet sich bei kürzeren Eingriffen Enfluran besser als Halothan, da es bei gleichzeitiger Applikation von Katecholaminen durch den Operateur das Auftreten von Arrhythmien weniger stark begünstigt. Bei längerdauernden Operationen ist die Neuroleptanästhesie zu empfehlen. Die Verwendung von Lachgas muß insbesondere bei Eingriffen am Innenohr unter Berücksichtigung der physikalischen Eigenschaften dieser Substanz erfolgen (s. 5.3.4.1). Der Einsatz von MR wird von den üblichen Kriterien bestimmt; bei voraussichtlich kurzen Operationszeiten (z. B. Tonsillektomie) ist die wiederholte Gabe eines dMR (0,3–0,5 mg/kg KG) zur Muskelrelaxation zu bevorzugen.

11.8.3 Operationsspezifische Besonderheiten

Operative Eingriffe im Bereich des Halses, der Nase oder Ohren stellen an den Anästhesisten hohe Anforderungen. Ein wesentliches Problem erwächst aus dem Interessenkonflikt zwischen Operateur und Anästhesist bei der optimalen Versorgung des Patienten. Der Anästhesist hat mit Beginn der Operation in der Regel keinen ungehinderten Zugang mehr zu den Atemwegen des Patienten; er kann darüber hinaus die visuelle Kontrolle der Narkosewirkung (z. B. Pupillenreaktion, Schleimhautdurchblutung) nicht mehr durchführen. Außerdem kann der operative Eingriff selbst die Narkoseführung erschweren, indem Atmung (z. B. durch Tubuskompression, Blut) und Kreislauf (z. B. durch katecholamininduzierte Arrhythmie) beeinträchtigt werden. Nur durch eine besonders gute Kooperation zwischen Operateur und Anästhesist können mögliche Komplikationen verhindert oder beseitigt werden. Dabei ist ein Problem – die Diskonnektionsgefahr – bei keiner operativen Disziplin größer als in der HNO-Chirurgie. Insbesondere die Verbindungsstücke zwischen Endotrachealkatheter und Atemschläuchen unterliegen infolge vielseitiger Manipulationen von Operateur oder Operationsassistentz einer starken Belastung; eine zusätzliche Fixierung mittels Heftpflasterstreifen und die ständige Kontrolle des Atemdruckmanometers sind deshalb dringend anzuraten, wenn nicht ohnehin ein Diskonnektionsalarmgeber eingesetzt wird.

11.8.3.1 Operationen im Bereich des Halses

Adenotomie, Tonsillektomie, Laryngektomie, Tracheotomie, „neck dissection“ und Parotistumorexstirpation sind die häufigsten operativen Eingriffe im Bereich des Halses. Sie erfordern in der Regel eine Allgemeinanästhesie mit Inhalationsnarkotika oder bei längerdauernden Eingriffen durch Analgetikasupplementierung; ebenso ist eine kurz- oder längerdauernde Muskelrelaxation angezeigt.

Besonderheiten. Die häufigsten Gefahren bei operativen Eingriffen im Halsbereich erwachsen aus Arrhythmien, der Aspiration und dem Problem der Atemwegsfreihaltung. Bei ausgedehnten Eingriffen (z. B. „neck dissection“) kommt das Problem der größeren Blutung hinzu.

Arrhythmie. Da nahezu alle Operateure dieses Fachbereichs die intraoperative Blutung durch die lokale Applikation einer verdünnten Epinephrinlösung zu mindern versuchen, muß bei Verwendung von Inhalationsnarkotika (insbesondere von Halothan) mit dem Auftreten von Arrhythmien gerechnet werden. Da bei Verwendung von Enfluran derartige Komplikationen seltener vorkommen, sollte dieses Narkotikum vorwiegend verwendet werden, es sei denn, der Operateur weicht auf Ornipressin (Por 8) aus. In keinem Fall sollte eine Dosis von 30 ml/h der 1 : 10000 verdünnten Epinephrinlösung überschritten werden. Darüber hinaus können Zug oder Druck am Karotissimus zu vagal ausgelösten Bradykardien oder zum Herzstillstand führen. Derartige Bradykardien sind in der Regel durch Atropin und eine Operationspause zu beheben.

Aspirationsrisiko. Die Gefahr einer Aspiration von Blut oder Sekret besteht bei allen Operationen im Hals- und Nasenbereich. Wenngleich ein geblockter Tubus die Aspiration von Blut verhindert, sammelt sich doch oberhalb der Blockermanschette Blut und Sekret. Bei beabsichtigter oder unbeabsichtigter Entlüftung der Manschette kann diese Flüssigkeit in die Trachea eindringen. Der Larynxbereich sollte deshalb bei derartigen Operationen tamponiert werden. Um den Hustenreflex nicht über die operative Phase hinaus zu unterdrücken, sollten Lidocainspray und tiefe Narkoseführung vermieden werden. Bei Tonsillarabszessen ist die endotracheale Intubation infolge perifokalen Ödems und Kiefersperre in der Regel erschwert. Es ist zu prüfen, ob der Operateur nicht auch eine Entlastung durch Punktion vornehmen kann. Postoperativ ist die Möglichkeit einer Aspiration reduziert, wenn der Patient in Kopftief- und Seitenlage gebettet wird.

Atemwegsfreihaltung. Probleme der Atemwegsfreihaltung sind v. a. bei Larynxoperationen und bei Tracheotomien zu erwarten. Vor der Operation ist deshalb mit dem Operateur zu besprechen, ob eine vorausgehende Tracheotomie die Gefahren der Atemwegsverlegung reduzieren oder verhindern kann. Andererseits ist eine ausreichende Anzahl unterschiedlich dimensionierter Endotrachealkatheter bereitzustellen, damit eine mögliche Intubation nicht an mangelnder technischer Ausrüstung scheitern muß. Bei Verlegung des oberen Respirationstraktes ist die Anwendung von MR erst nach Prüfung des Ventilationsvermögens gestattet. Ist das Atemzugvolumen unzureichend, wird die endotracheale Intubation in Lokalanästhesie am wachen Patienten durchgeführt. Gelingt dies nicht, ist eine Tracheotomie angezeigt. Generell empfiehlt sich für die Durchführung einer Tracheotomie die Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation. Nur bei unmöglicher Intubation infolge Tumorwachstum, Unfallfolgen oder aus anderen Ursachen, ist die Lokalanästhesie angezeigt. Als kritische Phase der Tracheotomie ist der Wechsel des Endotrachealtubus auf die Trachealkanüle zu werten. Der orotracheale Tubus sollte deshalb oberhalb des Tracheostomas verbleiben, bis sichergestellt werden kann, daß die Trachealkanüle zuverlässig plaziert ist. Da es nach operativen Eingriffen im Halsbereich zu ausgedehnten Weichteilschwellungen mit der Gefahr der Atemwegsverlegung kommen kann, ist auch die Durchführung einer prophylaktischen Tracheotomie in die präoperativen Überlegungen einzubeziehen.

Blutverluste. Durch die enge Nachbarschaft der Halsregion mit vielen zu- und abführenden Blutgefäßen gehen langdauernde Eingriffe in diesem Bereich häufig mit größeren Blutverlusten einher. Der Anästhesist sollte deshalb durch Bereitstellung ausreichender Mengen ausgekreuzten Konservenbluts und Schaffung zuverlässiger Infusionswege auf mögliche Blutungsprobleme vorbereitet sein. In besonderen Fällen (z. B. seltene Blutgruppen, Zeugen Jehovas) ist auch der Einsatz einer kontrollierten Hypotension (s. 5.8.1) zu diskutieren.

11.8.3.2 Operationen im Bereich der Nase

Nasenplastiken, Nasenbeinrepositionen, nasale Polypektomien und Kieferhöhlenfensterungen sind die häufigsten operativen Eingriffe, die in diesem Bereich durchgeführt werden. Für alle diese Operationen ist die Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation das am besten geeignete Anästhesieverfahren. Nach derartigen Eingriffen ist in der postoperativen Phase mit Ventilationsschwierigkeiten zu rechnen, da infolge Tamponade der Nasengänge eine Umstellung auf reine Mund-

atmung erfolgen muß. Sorgfältige postoperative Kontrolle der Ventilation ist deshalb angezeigt. Bei Patienten, die sich wegen längerbestehenden Nasenblutens einer operativen Intervention unterziehen müssen, ist mit einem vollen Magen zu rechnen.

11.8.3.3 Operationen im Bereich des Ohrs

Abgesehen von dem relativ kurzdauernden Eingriff der Stichinzision des Trommelfells (Parazentese) handelt es sich bei den Operationen am Ohr, z. B. radikale Ohroperation, Tympanoplastik, Epitympanotomie und Mastoidektomie in der Regel um längerdauernde Eingriffe. Die endotracheale Intubationsnarkose mit Inhalationsnarkotika oder Analgetikasupplementierung erscheint deshalb für diese Operationen besonders geeignet.

Operationen an den Ohrmuskeln oder an den Gehörgängen bieten von anästhesiologischer Seite keine Besonderheiten.

Besonderheiten. Bei Operationen am Mittelohr und am N. facialis können einige Besonderheiten auftreten, die vom Anästhesisten entsprechend berücksichtigt werden müssen.

Mittelohroperationen. Der Operationserfolg wird bei diesen Eingriffen vom Ausmaß der Blutungen im Operationsgebiet mitbestimmt. Zur Minderung der Blutungsgefahr sollte deshalb auch der Einsatz der kontrollierten Hypotension (s. 6.8.1) diskutiert werden. Außerdem sind die physikalischen Eigenschaften des Lachgases zu berücksichtigen. Die Diffusion von N₂O kann im Mittelohr einen Druckanstieg auf 450 cm H₂O verursachen, so daß N₂O bei Tympanoplastiken etwa 20 min vor und während der Implantation nicht verabreicht werden sollte.

Reizung des N. facialis. Operationen am oder in unmittelbarer Nähe des N. facialis werden in der Regel unter Einsatz eines Nervenreizergeräts durchgeführt. Die Verwendung von MR schränkt die Funktion eines derartigen Stimulators erheblich ein. MR dürfen deshalb in dieser Phase der Operation nicht wirksam sein.

11.9 Ophthalmochirurgie

Operative Eingriffe am Auge können in allen Lebensabschnitten erforderlich werden. Sie müssen unter absoluter Ruhigstellung des Patienten erfolgen, da jede Störung des Operationsverlaufs (z. B. Muskelaktivitäten, Husten, Pressen) zur Steigerung des Augeninnendrucks und damit zur Zerstörung des Operationsergebnisses führen kann. Der überwiegende Anteil ophthalmochirurgischer Eingriffe wird in Regionalanästhesie durchgeführt; in der Regel wird dabei die Anästhesie vom Operateur appliziert. Nur wenige Patienten, insbesondere Kinder, benötigen eine Allgemeinanästhesie.

Der Einsatz dMR muß die Wirkungen dieser Substanzen auf den intraokularen Druck berücksichtigen. Ein besonderes Problem während ophthalmochirurgischer Eingriffe kann mit der Ausbildung eines okulokardialen Reflexes entstehen [71, 80, 81, 160, 161, 350, 404, 530].

11.9.1 Operationsvorbereitung

Unabhängig davon, ob der operative Eingriff in Regional- oder Allgemeinanästhesie erfolgt, sollte jeder Patient mit mindestens einem zuverlässigen intravenösen Zugang versorgt sein; darüber hinaus ist neben der Blutdruck- und Herzfrequenzmessung zwingend die EKG-Ableitung durchzuführen. Neben dem präoperativen Routineuntersuchungsprogramm ist bei Glaukompatienten unter Dauertherapie mit Acetazolamid (Diamox) eine Blutgasanalyse zu empfehlen, da in diesen Fällen neben Hyponatriämie und Hyperkaliämie auch eine metabolische Azidose beobachtet werden kann.

Die Prämedikation sollte vor ophthalmochirurgischen Eingriffen etwas stärker sein als bei anderen Operationen, damit eine zuverlässige Ruhigstellung des Patienten garantiert werden kann. Dies gilt v. a. für Patienten, die in Regionalanästhesie operiert werden sollen. Die Gabe von Opioiden sollte zugunsten von Sedativa und Antiemetika zurückgestellt werden, damit Brechreiz und Erbrechen weitgehend ausgeschlossen sind. Zur Sedierung hat sich Diazepam (Valium 0,2 mg/kg KG) bewährt. Zusätzlich ist großzügig ein Antiemetikum, z. B. Triflupromazin (Psyquil 0,25 mg/kg KG) zu verabreichen, um die Gefahren einer Steigerung des Augeninnendrucks durch Erbrechen von vornherein auszuschließen. Atropin in einer Dosierung bis zu 0,01 mg/kg KG kann selbst beim Glaukom unbedenklich verabreicht werden.

11.9.2 Anästhesieverfahren

Für operative Eingriffe am Auge eignen sich sowohl Regionalanästhesietechniken als auch die Verfahren der Allgemeinanästhesie. Bei Kindern ist grundsätzlich die Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation zu bevorzugen.

Die Regionalanästhesie – in Form der Retrobulbäranästhesie vom Operateur mit 3–5 ml Lidocain (2%) und Epinephrinzusatz durchgeführt – wird häufig verwendet bei Katarakt, Hornhaut- und Skleraoperationen sowie bei Hornhauttransplantationen und Spülungen der Augenkammer. Dem Anästhesisten obliegt bei diesen Eingriffen die Aufgabe, in Form des „Stand-by“, die Überwachung des Patienten sicherzustellen und bei evtl. auftretenden Komplikationen (z. B. Sinusbradykardie, Arrhythmie, Kreislaufstillstand) sofortige Therapiemaßnahmen einzuleiten. Die Inspirationsluft sollte mit Sauerstoff angereichert werden (z. B. über Maske); etwa auftretende Unruhezustände können mit Diazepam (Valium 0,1 mg/kg KG) behandelt werden. Der Patient sollte regelmäßig zum tiefen Atmen aufgefordert werden.

Die Allgemeinanästhesie erfolgt in der Regel als endotracheale Intubationsnarkose. Zur Narkoseeinleitung sind die üblichen intravenösen Narkotika geeignet. Für die Aufrechterhaltung der Narkose können Inhalationsnarkotika oder intravenöse Narkotika eingesetzt werden. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, daß alle Narkotika mit Ausnahme von Ketamine zur Anästhesie bei ophthalmochirurgischen Operationen geeignet sind. Die Verwendung von MR muß die Besonderheiten des operativen Eingriffs berücksichtigen (z. B. perforierende Augenverletzung). Sie ist in der Vergangenheit häufig und kontrovers diskutiert worden. Grundsätzlich ist der Einsatz von MR zu befürworten und nicht als nachteilig

zu betrachten. Wenngleich durch dMR der Augeninnendruck ansteigt (Dauerkontraktion der äußeren Augenmuskeln), können auch bei Augenverletzungen dMR zur Intubationserleichterung verwendet werden, insbesondere wenn zuvor ein ndMR (z. B. Alcuronium, Pancuronium) verabreicht worden ist. Die vordere Augenkammer sollte jedoch erst 5–6 min nach der Gabe von dMR eröffnet werden. Kontraindiziert sind dMR allerdings nach Eröffnung des Auges (z. B. bei Kataraktextraktion, penetrierenden Augenverletzungen) in fraktionierten Dosen, weil die damit einhergehende Drucksteigerung das Auge definitiv schädigen kann. Grundsätzlich sollte bei eröffnetem Auge der Augeninnendruck so niedrig wie möglich gehalten werden (ausreichende Narkosetiefe, Ausschluß von Husten und Pressen). Bei Patienten mit Glaukom, die über längere Zeit Phospholinjodidtropfen genommen haben, sollten dMR nach Möglichkeit nicht oder nur in geringer Dosis verabreicht werden, da Phospholinjodid die Pseudocholinesteraseaktivität sowohl des Plasmas als auch der Erythrozyten stark reduziert (etwa 4–6 Wochen).

11.9.3 Operationsspezifische Besonderheiten

Ebenso wie bei den operativen Eingriffen in der HNO-Chirurgie kollidieren auch bei ophthalmochirurgischen Operationen die Interessen von Operateur und Anästhesist, wenn der Eingriff in Allgemeinanästhesie durchgeführt wird. Der Anästhesist muß deshalb alle Vorkehrungen treffen, um respiratorische und hämodynamische Störungen rechtzeitig zu erkennen und adäquat zu behandeln. Weitere Aufgaben des Anästhesisten betreffen die Aufrechterhaltung eines normalen Augeninnendrucks, die Erkennung und Behandlung eines okulokardialen Reflexes, sowie aller Organreaktionen, die sich aus der Eintropfung bestimmter Pharmaka (z. B. Epinephrin, Atropin, Phenylephrin) in das Auge ergeben können. Darüber hinaus ist insbesondere bei ophthalmochirurgischer Korrektur des Strabismus mit dem Auftreten einer malignen Hyperthermie zu rechnen.

11.9.3.1 Intraokularer Druck

Der Augeninnendruck beträgt normalerweise etwa 10–22 mm Hg. Der determinierende Faktor des intraokularen Drucks ist das Gleichgewicht zwischen Produktion und Abfluß des Kammerwassers. Der Augeninnendruck kann so stark ansteigen, daß die Netzhautdurchblutung nicht mehr gewährleistet ist (z. B. beim Glaukom). Der intraokulare Druck kann durch Erhöhung des Venendrucks (z. B. Hypervolämie, Herzinsuffizienz), durch Druck auf den Bulbus, durch Husten, Pressen, erhöhten Atemwegwiderstand, Hypoxie und Hyperkarbie gesteigert werden (Tabelle 11.3). Auch nach Ketaminapplikation kann der intraokulare Druck ansteigen. Atropin erhöht nur dann den intraokularen Druck, wenn der Abfluß des Kammerwassers durch seine Medikation behindert wird. Zur Behandlung des erhöhten Augeninnendrucks sind Acetazolamid (Diamox 7 mg/kg KG im Dauertropf), Pilocarpin (Pilocartropfen) oder Physostigmin (Physostigminalizylat 0,03 mg/kg KG) geeignet. Im akuten Anfall eignen sich dehydrierende Substanzen (z. B. Harnstoff, Mannitol) am wirkungsvollsten.

Tabelle 11.3. Faktoren, die im Rahmen von Anästhesie und Operation den intraokularen Druck beeinflussen

Steigerung des intraokularen Drucks	Abfall des intraokularen Drucks
Anstieg des arteriellen Drucks	Abfall des arteriellen Drucks
Erhöhter Venendruck (z. B. auch durch Husten, Pressen, Erbrechen)	Hyperventilation
Hypoxie	Hoher p_aO_2
Hyperkarbie	Retrobulbärer Block
Ketamin	Opioide als Prämedikation
Succinylcholin	Narkotika (außer N_2O und Ketamin)
Hyoscyamin bei Behinderung des Kammerwasserabflusses	Harnstoff, Mannitol

Glaukomoperation. Bei der Anästhesie von Patienten mit Glaukom ist sicherzustellen, daß eine Miosis durch kontinuierliche Gabe von Parasympathikomimetika aufrechterhalten wird. Steigerungen des intraokularen Drucks müssen vermieden werden. Die einmalige Gabe von dMR zur Durchführung der endotrachealen Intubation hat keinen nachteiligen Effekt am Auge. Während der Anästhesie ist auf gute Analgesie, leichte Hypokarbie und niedrigen ZVD zu achten. Als Anästhesieverfahren empfiehlt sich die Allgemeinanästhesie in endotrachealer Intubation. Patienten, die mit Ecothiopatiodid (Phospholinjodid) behandelt wurden, können infolge Hemmung der Cholinesterase eine verlängerte Wirkung der dMR verursachen.

Als operatives Therapieverfahren kommt die periphere Iridektomie zur Ausführung. Da Patienten mit Glaukom zumeist dehydriert sind, sollte der Volumensubstitution eine entsprechende Aufmerksamkeit gezollt werden. Ein Abfall des Augeninnendrucks kann auch erreicht werden durch Vertiefung der Allgemeinanästhesie (z. B. durch Thiopental, Pethidin und die volatilen Narkotika), durch Hyperventilation und durch Blockaden im Bereich der Augennerven. Auch ndMR mindern den Augeninnendruck, die verlängerte Wirkung von dMR ist zu beachten.

Fremdkörperverletzungen. Auch hierbei steht die Vermeidung einer Erhöhung des intraokularen Drucks im Vordergrund, da es sonst zum Austritt von Augeninhalten kommen kann (s. 11.9.2). Fremdkörperverletzungen erfordern die sofortige chirurgische Versorgung. Die Patienten sind häufig nicht nüchtern, so daß die Atemwege gut geschützt werden müssen. Anstelle von dMR sollten besser ndMR (z. B. Pancuronium, Vecuronium) zur Intubation verwendet werden.

Kataraktextraktion. Patienten mit Katarakt sind meist alt und leiden an mehreren Nebenerkrankungen. Die Anästhesie muß eine absolute Ruhigstellung des Patienten garantieren, insbesondere darf es nicht zum Husten oder Pressen kommen. dMR können zur endotrachealen Intubation verwendet werden. Wichtig ist auch die Vermeidung eines Druckanstiegs bei der Extubation, u. U. sollte Lidocain (0,5–1,5 mg/kg KG) einige Minuten vor der Extubation intravenös verabreicht werden. Gegen postoperatives Erbrechen sollte eine entsprechende Prophylaxe durch sorgfältige Magenentleerung und Gabe von Antiemetika erfolgen.

11.9.3.2 Okulokardialer Reflex

Druck auf den Bulbus oder Reizung bzw. Zug an den äußeren Augenmuskeln können Sinusbradykardie, Arrhythmie, Hypotonie und u. U. Kreislaufstillstand verursachen. Dieses Reflexgeschehen wird als okulokardialer Reflex bezeichnet. Es kann zu jeder Zeit und bei jeder Augenoperation auftreten und muß sofort behandelt werden, entweder durch retrobulbäre Blockade oder durch Atropin (0,02 mg/kg KG). Dabei ist auch zu erwägen, ob die Operation unterbrochen werden sollte. Auch aus diesem Grunde sollten alle Eingriffe am Auge unter kontinuierlichem

Tabelle 11.4. Wirkstoffmengen einiger intraokular eingetropfter Pharmaka

Substanz	Wirkstoffmenge/ Tropfen
Atropin 1%ige Lsg	1 mg
Epinephrin 1:1000	0,1 mg
Phenylephrin 1%ige Lsg	10 mg

EKG-Monitoring erfolgen und alle Geräte zur kardiopulmonalen Reanimation in Bereitschaft gehalten werden. Besonders bei Strabismus- und Amotiooperationen ist mit dem Auftreten eines okulokardialen Reflexes zu rechnen.

11.9.3.3 Intraokulare Pharmaapplikation

Die lokale Applikation von Pharmaka, insbesondere von Epinephrin, Phenylephrin oder Atropin, kann erhebliche systemische Reaktionen auslösen, die vom Anästhesisten erkannt und entsprechend behandelt werden müssen. Bei den in der Ophthalmologie verwendeten Tropflösungen sind in der Regel die in Tabelle 11.4 aufgetragenen Wirkstoffmengen zu erwarten.

Bei Patienten mit Hypertonie und/oder ischämischen Herzerkrankungen ist der Operateur darauf hinzuweisen, daß der unkontrollierte Gebrauch blutdrucksteigernder Tropfen den Patienten erheblich gefährden kann. Die Verwendung katecholaminhaltiger Lösungen bei Halothannarkose sollte bei kardiovaskulärer Funktionsminderung nach Möglichkeit eingeschränkt werden. Bei kardiovaskulär gesunden Patienten bestehen keine Bedenken gegenüber der Epinephrintropfung während einer Halothananästhesie, wenn die Konzentration des verabreichten Narkotikums gering ist und der Patient sorgfältig überwacht wird. Bei Glaukompatienten sollte die intravenöse Verabreichung von Atropin (z. B. bei Sinusbradykardie) nur unter strenger Indikationsstellung und in geringer Dosierung durchgeführt werden.

11.9.3.4 Maligne Hyperthermie (s. 6.9.1.1)

Bei der operativen Behandlung des Strabismus ist relativ häufig das Krankheitsbild einer malignen Hyperthermie (MH) beobachtet worden. Offensichtlich ist dies auf genetische Veränderungen zurückzuführen, die sowohl bei der MH als auch beim Strabismus vorliegen. Der Anästhesist sollte deshalb bei Strabismusoperationen auf das Auftreten einer MH vorbereitet sein, wozu auch ein erweitertes Monitoring (z. B. Körpertemperaturmessung) gehört. Wiederholte Gaben von dMR sollten ebenso wie die Applikation von Halothan vermieden werden.

11.10 Orthopädische Chirurgie

Operative Eingriffe in der Orthopädie unterliegen nur in seltenen Ausnahmen (z. B. schwere Hämorrhagie, Kompression von Arterie oder Nerv) einer besonderen Dringlichkeit. Es sollte deshalb ausreichend Zeit zur Verfügung stehen, den Patienten auf die Operation entsprechend vorzubereiten. Das Krankengut umfaßt alle Lebensabschnitte; allerdings findet sich eine Häufung von Patienten im höheren Lebensalter. Der Anästhesist muß deshalb über die Besonderheiten der extremen Altersgruppen ausreichend informiert sein. Darüber hinaus sollten gute Kenntnisse in der Behandlung schwerer Blutungen, akuter hämodynamischer Dysregulationen und möglicher neurologischer Komplikationen vorhanden sein. Im postoperativen Verlauf ist die Gefahr der Lungenembolie höher als nach anderen operativen Eingriffen. Ursachen dafür sind das hohe Patientenalter, eine evtl. vorhandene Adipositas, die Immobilisation, die Einschwemmung gefäßaktiver Substanzen in die Blutbahn und die Kreislaufunterbrechung bei evtl. erforderlicher Blutleere. Gerade nach orthopädischen Operationen sind deshalb frühzeitige präventive Maßnahmen (z. B. frühe Mobilisation, gute Hydratation, medikamentöse Thromboseprophylaxe) angezeigt [269, 274, 360, 413, 475].

11.10.1 Operationsvorbereitung

Voruntersuchung, Vorbehandlung, Prämedikation und Überwachungsmethoden entsprechen den anerkannten Regeln. Auf die kontinuierliche Ableitung eines EKG und die Schaffung zuverlässiger intravenöser Zugänge darf nicht verzichtet werden. Da operative Eingriffe an den Extremitäten häufig in Blutleere durchgeführt werden müssen, ist zu beachten, daß die druckbedingte Ischämie (obere Extremität: 300 mm Hg; untere Extremität: 500 mm Hg) nicht länger als 2 h aufrechterhalten wird. Dabei ist auch zu berücksichtigen, daß durch die Blutleere das zentrale Blutvolumen erhöht wird, so daß die doppelseitige Blutleere bei Patienten mit eingeschränkter kardiozirkulatorischer Leistungsreserve nicht indiziert ist. Bei Aufhebung der Blutleere kann es zu ausgeprägten Hypotensionen kommen, die entsprechend kontrolliert werden müssen.

11.10.2 Anästhesieverfahren

Bei orthopädischen Operationen sind sowohl die Techniken der Regionalanästhesie als auch die Verfahren der Allgemeinanästhesie geeignet. Bei Kindern sind Allgemeinanästhesieverfahren zu bevorzugen; auch bei Patienten mit kardiovaskulären Nebenerkrankungen sind Allgemeinanästhesien mit Inhalationsnarkotika besser geeignet als rückenmarksnahe Regionalanästhesien.

Die Regionalanästhesie ist für operative Eingriffe an den oberen und unteren Extremitäten geeignet. Für die obere Extremität empfehlen sich Plexus-brachialis-Block, intravenöse Regionalanästhesie oder isolierte Nervenblockaden; an den unteren Extremitäten stehen Peridural- und Spinalanästhesie im Vordergrund, wenngleich auch Femoralisblock oder die intravenöse Regionalanästhesie eingesetzt werden können.

Die Allgemeinanästhesie empfiehlt sich v. a. für operative Eingriffe im Bereich der Wirbelsäule und der Hüftgelenke. In der Regel muß sie als Intubationsnarkose durchgeführt werden. Kürzere Eingriffe können jedoch durchaus in Maskennarkose erfolgen. Zur Narkoseeinleitung eignen sich die üblichen intravenösen Narkotika. Für die Aufrechterhaltung der Narkose können Inhalationsnarkotika oder intravenöse Narkotika verwendet werden. Der Einsatz von dMR und ndMR kann nach den üblichen Kriterien erfolgen. Bei Wirbelsäulenveränderungen (insbesondere Skoliosen) mit begleitenden muskulären Erkrankungen ist bei Verwendung von dMR das Risiko einer malignen Hyperthermie zu bedenken. In seltenen Fällen (Schenkelhalsfrakturen) kann es erforderlich sein, die Anästhesie bereits am Bett des Patienten einzuleiten, wenn die Lagerung auf der Lafette des Operationstisches mit zu starken Schmerzen verbunden ist.

11.10.3 Operationsspezifische Besonderheiten

Unter den orthopädischen Operationen nehmen v. a. die Wirbelsäulenstabilisierungen (Spondylodesen) und die Implantationen künstlicher Gelenke [Totalendoprothesen (TEP)] eine Sonderstellung ein. Die weiteren - vorwiegend an den Extremitäten erfolgenden - Eingriffe und die operative Behandlung der Bandscheibenleiden werden nach den im Rahmen der Unfall- und Neurochirurgie beschriebenen Prinzipien durchgeführt.

11.10.3.1 Spondylodesen

Operative Eingriffe an der Wirbelsäule werden vorwiegend im Bereich der Brust- und Lendenwirbelsäule (z. B. Skoliose), weniger häufig an der Halswirbelsäule (z. B. nach Trauma, Neoplasma, Erkrankungen) durchgeführt.

HWS-Spondylodese. Patienten, die eine Stabilisierung der HWS benötigen, zeigen häufig neurologische Störungen, in schwersten Fällen eine Quadriplegie. Lageveränderungen und Kopfdrehungen müssen deshalb außerordentlich vorsichtig durchgeführt werden, weil sie Ursache weiterer neurologischer, respiratorischer und vaskulärer Funktionsstörungen werden können. Da die operative Stabilisierung der HWS sowohl auf anteriorem als auch auf posteriorem Wege notwendig sein kann, muß eine Lageänderung des Patienten in Rücken- oder Bauchlage in Betracht gezogen werden. Bei anteriorem Zugang sollte eine Magen-Darm-Sonde gelegt werden, da der Schluckakt postoperativ in der Regel erschwert ist.

Anästhesieverfahren. Nur die Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation wird den Anforderungen dieses Eingriffs gerecht. Die endotracheale Intubation kann sich u. U. außerordentlich schwierig gestalten (Abb. 11.8), so daß neben mehreren unterschiedlich dimensionierten Endotrachealkathetern zusätzliche Hilfsinstrumente und auch ein Fiberoptikbronchoskop bereitgehalten werden sollten. Die mitunter erheblichen Manipulationen im Bereich von Ösophagus und Trachea erfordern eine zuverlässige Sicherung des Tubus (Spiraltubus), der wiederholt zu kontrollieren ist. Die Anästhesie ist so zu steuern, daß der Patient möglichst frühzeitig wieder wach und ansprechbar ist. Dem postoperativen Erbrechen sollte durch Vorgabe eines Antiemetikums begegnet werden, da es außerordentlich schwierig sein kann, in der gegebenen Situation die Atemwege des Patienten freizuhalten (Schwierigkeiten bei der Seitenlagerung usw.). Außerdem ist bei hoher Lokalisation des Operationsgebiets mit der Möglichkeit einer respiratorischen Störung zu rechnen.



Abb. 11.8. Nasotracheale Intubation bei einem Patienten mit versteifter HWS unter Zuhilfenahme eines Plastikhäkchens

BWS-, LWS-Spondylodese. Die Stabilisierung der Brust- und Lendenwirbelsäule wird v. a. bei Skoliose durchgeführt. Die Patienten sind entweder gesunde Heranwachsende oder Kleinkinder mit schwerer Ateminsuffizienz.

Eine Krümmung der Wirbelsäule von $> 100^\circ$ ist als schwere Form zu werten, da sie in der Regel mit Störungen der pulmonalen und kardialen Funktion einhergeht. Bei diesen Patienten sind die Lungenvolumina und die Compliance fast stets vermindert und die $D_{Aa}O_2$ erhöht; der p_aCO_2 ist gewöhnlich normal. Häufig findet sich auch ein erhöhter pulmonaler Gefäßwiderstand. Darüber hinaus leiden Patienten mit Skoliose häufig an anderen Erkrankungen (z. B. Herzfehler, Myopathien, Paraplegien). In der Regel erfolgt die operative Korrektur in der Pubertät. Zur Operationsvorbereitung gehören deshalb die Lungenfunktionsprüfung, Blutgasanalyse und Atemtherapie. Ausreichende Mengen vorgekreuzten Konservenbluts (ca. 35 ml/kg KG) sollten bereitgestellt werden. In der Prämedikation sind Sedativa mit Zurückhaltung zu verordnen.

Anästhesieverfahren. Nur die endotracheale Intubationsnarkose ist zur Durchführung operativer Korrekturen bei Skoliose geeignet. Die Auswahl von Pharmaka und deren Dosierung richtet sich v. a. nach den bestehenden Begleiterkrankungen. Aus diesem Grunde sollte auch N_2O wegen einer möglichen pulmonalen Hypertension zurückhaltend eingesetzt werden.

Besonderheiten. Mit Intubationsschwierigkeiten ist zu rechnen. Bei der Lagerung ist Druck auf das Abdomen zu vermeiden. Patienten mit Myopathien sollten keine dMR und Halothan erhalten. Das Monitoring sollte durch die Messung des ZVD erweitert werden, wiederholte intraoperative Kontrollen der Blutgase, der Hämoglobin- und Hämatokritkonzentrationen sind angezeigt. Postoperativ können weitere Blutverluste, paralytischer Ileus und Hämopneumothorax auftreten. Bei unbeabsichtigter Duraverletzung mit Liquorverlust kann es zu heftigen Kopfschmerzen kommen. Postoperativ ist frühzeitiger Beginn einer Physiotherapie angezeigt. Das Auftreten einer malignen Hyperthermie ist bei Skolioseoperation in Betracht zu ziehen.

11.10.3.2 Implantation von Totalendoprothesen (TEP)

Die Implantation künstlicher Knie- und Hüftgelenke bildet heute einen wesentlichen Anteil orthopädischer Operationen. Diese Eingriffe werden in der Regel bei älteren Patienten mit einer oder mehreren Nebenerkrankungen erforderlich, so daß sorgfältige Vorbereitungsmaßnahmen dringend angezeigt sind. Die Möglichkeit größerer Blutverluste, die zeitliche Ausdehnung der Operation und die Verwendung von Akrylzement sollten Anlaß für ein erweitertes Monitoring und die Bereitstellung aller im Rahmen von Notfällen erforderlichen Therapeutika sein.

Kniegelenk-TEP. Patienten für Kniegelenkoperationen sind mit einem Durchschnittsalter von 60 Jahren etwas jünger als Patienten für Hüftgelenkersatz. In der Mehrzahl der Fälle besteht ein rheumatisches oder arthrotisches Grundleiden, so daß die Dauermedikation von Kortisonpräparaten fast die Regel ist. Falls nicht eine präoperative Kortisolspiegelbestimmung erfolgt, sollte zumindest die Tagesdosis am Operationstag erhöht werden. Die Voruntersuchung sollte auf eine Analyse der Lungenfunktion und der Blutgase ausgedehnt werden; Patienten mit deutlicher Einschränkung der Lungenfunktion sind für diese Eingriffe nur bedingt geeignet. Infolge Einschwemmung vasoaktiver Substanzen aus Thrombozytenaggregaten, Fibrinmonomeren, Fettkügelchen, sowie Knochenfragmenten und Knochenzementpartikeln aus der traumatisierten Tibia sind Steigerungen des Pulmonalarteriendrucks, Störungen im Ventilations-Perfusions-Verhältnis und Hypoxämie häufig.

Anästhesieverfahren. Wenngleich rückenmarksnahe Regionalanästhesieverfahren ebenso wie Allgemeinanästhesieverfahren für die Durchführung dieser Operation geeignet sind, sollte die Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation und einem Inhalationsnarkotikum bevorzugt werden. Die bessere Steuerung der Anästhesie und die künstliche Beatmung sind als wesentliche Prophylaxe von Lungenkomplikationen zu betrachten.

Besonderheiten. Wenn die Operation in Blutleere durchgeführt wird, ist vor Freigabe der Zirkulation für ausreichenden Volumenersatz zu sorgen. Im postoperativen Verlauf ist an das Auftreten einer Fettembolie (Verwirrtheit, Hyperventilation, Hypoxämie, Hypokarbie) zu denken (s.6.9.1). Auch wegen möglicher anderer pulmonaler Komplikationen sind wiederholte Blutgasanalysen angezeigt.

Hüftgelenk-TEP. Patienten, die sich Hüftgelenkoperationen unterziehen müssen, sind in der Regel alt, chronisch krank und häufig auch adipös. Zumeist stehen sie unter Dauermedikation (z. B. Kortikosteroide, Antihypertensiva, β -Blocker, Antidepressiva). Intra- und postoperative Komplikationen sind deshalb keine Seltenheit.

Anästhesieverfahren. Sowohl rückenmarksnahe Anästhesieverfahren als auch Allgemeinanästhesien sind für diese Operationen geeignet. Ebenso wie bei Kniegelenk-TEP erscheinen auch für Hüftgelenk-TEP die Allgemeinanästhesieverfahren mit endotrachealer Intubation und Inhalationsnarkotika wegen der besseren Steuerungsmöglichkeiten bevorzugt geeignet.

Besonderheiten. Ein erweitertes Monitoring (z. B. ZVD, evtl. PAP) ist wegen möglicher starker Blutverluste und hämodynamischer Reaktionen auf Akrylzement (s. 11.6.3.2) angezeigt. Da jede Hypovolämie im Falle einer systemischen Reaktion auf Akrylzement deletäre Folgen für den Patienten zeigen kann, ist jederzeit auf eine adäquate Volumensubstitution zu achten.

11.11 Urologische Chirurgie

Wenngleich operative Eingriffe in der Urologie in allen Lebensabschnitten notwendig werden können, wird der überwiegende Anteil der Operationen bei Patienten im höheren Lebensalter durchgeführt. Die dabei bestehenden Nebenerkrankungen lassen sich jedoch in der Regel ausreichend vorbehandeln, da viele der urologischen Eingriffe als geplante Operationen erfolgen. Nahezu alle Operationen in der Urologie werden in Steinschnitt- oder Seitenlagerung vorgenommen. Daraus können erhebliche Beeinträchtigungen von Atmung und Kreislauf erwachsen. Während die Steinschnittlagerung vorrangig die Ventilation beeinträchtigt, verursacht die Seitenlagerung sowohl Störungen der Ventilation als auch der Perfusion der Lunge. Eine nichtangepaßte Ventilation kann damit mehr oder weniger schnell zur Hypoxie führen. Muß die Operation außerdem mit extremer Abknickung im LWS-Bereich erfolgen, kann es zusätzlich zur Reduzierung des venösen Rückflusses und damit zum Abfall des HZV kommen.

Für urologische Operationen sind sowohl die Verfahren der rückenmarksnahen Regionalanästhesie als auch die Methoden der Allgemeinanästhesie geeignet. Besondere Probleme erwachsen v. a. beim sog. Einschwemmsyndrom im Rahmen einer transurethralen Prostataresektion (TUR), bei der chronischen Niereninsuffizienz und bei der Nierentransplantation [37, 380, 519, 521].

11.11.1 Operationsvorbereitung

Die Prämedikation hat die besondere Ausgangssituation des Patienten zu berücksichtigen; sie sollte beim älteren Patienten in geringer Dosierung erfolgen.

Die Überwachung des Patienten erfordert neben der routinemäßigen Messung des arteriellen Blutdrucks und der Herzfrequenz die kontinuierliche Ableitung des Elektrokardiogramms. Bei älteren, vorgeschädigten Patienten mit ausgedehnten Eingriffen ist die Messung des ZVD, evtl. sogar des PAP, zu erwägen. Da die Überwachung des Patienten bei abgedunkelten Operationsräumen erschwert sein kann, empfiehlt sich die Anbringung einer zusätzlichen Lichtquelle im Arbeitsbereich des Anästhesisten.

11.11.2 Anästhesieverfahren

Zur Schmerzausschaltung eignen sich in der Urologie lokalisationsbedingt für viele Eingriffe v. a. bei männlichen Patienten rückenmarksnah Regionalanästhesietechniken (Abb. 11.9). Jedoch sind Allgemeinanästhesien bei langdauernden Eingriffen, bei extremen Lagerungen (z. B. Steinschnitt-, Seitenlagerung), bei Nebenerkrankungen, die eine Regionalanästhesie ausschließen (z. B. Wirbelsäulendehnung, Blutgerinnungsstörung, Schock oder fehlender Kooperation), die besseren Anästhesiemethoden. Jede Anästhesie sollte einen Blutdruck garantieren, der eine ausreichende Durchblutung der Niere und damit eine gute glomeruläre Filtration gewährleistet. In der Regel bieten sich für urologische Eingriffe im Bereich von Blase, unterem Urogenitaltrakt und Prostata die Techniken der rückenmarksnahen Regionalanästhesie besonders an, während Operationen an der Niere bevorzugt in Allgemeinanästhesie durchgeführt werden. Die Regionalanästhesie sollte bis in einen Bereich von Th₁₀ wirksam sein, um die sensorischen Fasern der Blase und Prostata auszuschalten. Diese Methode bietet den Vorteil, daß Komplikationen der Operation (z. B. Blasenperforation, Einschwemmsyndrom) frühzeitig erkannt werden.

Die Allgemeinanästhesie erfolgt in der Regel als endotracheale Intubationsnarkose. Zur Narkoseeinleitung sind die üblichen intravenösen Narkotika geeignet; jedoch muß eine evtl. notwendige Dosisreduktion bei Hypalbuminämie berücksichtigt werden. Für die Aufrechterhaltung der Narkose sind Inhalationsnarkotika besser geeignet als intravenöse Narkotika, da ihre Ausscheidung unabhängig von der Nierenfunktion erfolgt. Die Verwendung von MR muß die Besonderheiten einer gestörten Nierenfunktion (v. a. Hyperkaliämie, Hypoproteinämie) berücksichtigen; dMR sind z. B. bei Hyperkaliämie, ndMR bei Niereninsuffizienz mit Zurückhaltung einzusetzen. In der postoperativen Phase ist besondere Sorgfalt auf die Bilanzierung des Elektrolyt-, Wasser- und Säure-Basen-Haushalts zu legen.

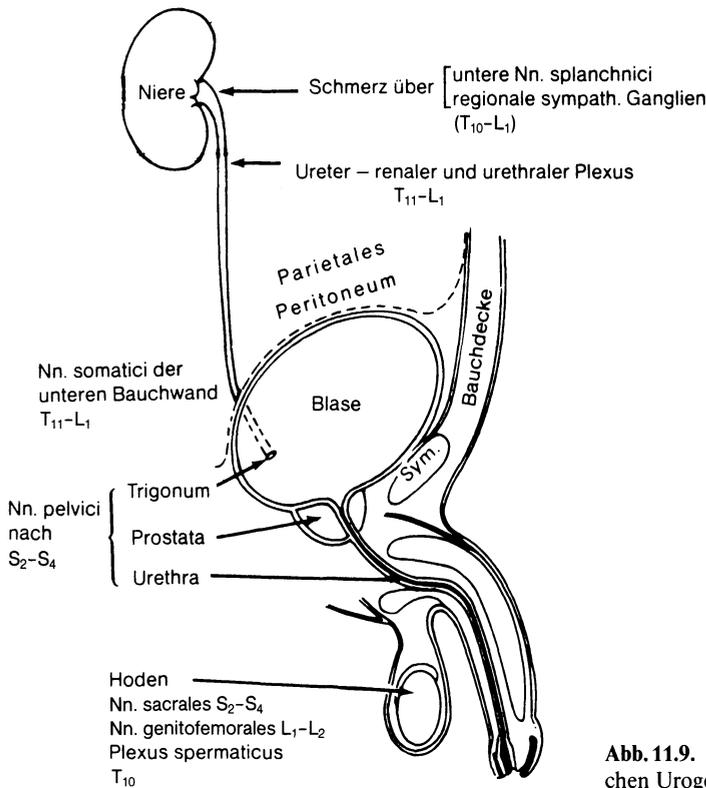


Abb. 11.9. Innervation des männlichen Urogenitaltrakts

11.11.3 Operationsspezifische Besonderheiten

Besondere Probleme können für den Anästhesisten aus dem sog. Einschwemmsyndrom, aus Blutgerinnungsstörungen, aus Reflexautomatismen bei Rückenmarksverletzungen, sowie bei Patienten mit chronischer Niereninsuffizienz und bei der Nierentransplantation erwachsen.

11.11.3.1 Einschwemmsyndrom

Da der Instillationsdruck der Spülflüssigkeit gegenüber dem Venendruck deutlich erhöht ist, kann es bei Venenwandverletzungen im Rahmen der transurethralen Resektion (TUR) zur Einschwemmung von Spülflüssigkeit in die Blutbahn des Patienten kommen. Das Einschwemmsyndrom wird begünstigt, wenn elektrolytfreie Lösungen (elektrolythaltige Lösungen leiten elektrischen Strom) verwendet werden. Das Einschwemmsyndrom beruht auf drei pathophysiologischen Veränderungen: Hypervolämie, Hämolyse und Hyponatriämie. Um dies zu verhindern, sollten alle dem Patienten verabreichten Infusionen Natrium enthalten; andererseits kann übermäßige Natriumzufuhr die Flüssigkeit im Intravasalraum zurückhalten und ein Herzversagen beschleunigen. Regelmäßige Kontrollen des Serumnatriumgehaltes kann als Anhalt für eine ausgewogene Zufuhr dienen.

Hypervolämie. Die Wasserüberladung des Gefäßsystems verursacht zunächst einen Anstieg des arteriellen und venösen Blutdrucks. Als Ausdruck zunehmender Volumenüberladung geht nach primärer Tachykardie die Herzfrequenz zurück. Des Weiteren kommt es zu Tachypnoe, Dyspnoe und zum Lungenödem. Hypoxie und Hirnödem können Ursachen für Verwirrheitszustände und Konvulsionen sein. Die zerebralen und pulmonalen Symptome können bei Regionalanästhesie besser erkannt werden, als bei Allgemeinanästhesie. Die Therapie der Hypervolämie erfordert die sofortige Unterbrechung des Zuflusses von Spülflüssigkeit und Infusionslösungen, die Aufrichtung des Oberkörpers, die Gabe von Diuretika und Digitalis und bei beginnendem Lungenödem die Durchführung des sog. „unblutigen“ Aderlasses. Das ausgeprägte Lungenödem erfordert die endotracheale Intubation, Sauerstoffgabe und Überdruckbeatmung.

Hämolyse. Durch das Eindringen freien Wassers in die Erythrozyten kommt es zur osmotischen Zerstörung der Erythrozytenmembran. Das austretende Hämoglobin steht damit nicht mehr für den Sauerstofftransport zur Verfügung und kann darüber hinaus zur Verlegung der Tubuli mit konsekutivem Nierenversagen führen. Auch hier sind Unruhe und Verwirrheitszustände, Brechreiz und Erbrechen frühe diagnostische Zeichen einer unzureichenden Sauerstoffversorgung des Gehirns. Therapeutisch sind hypertone Kochsalzlösungen (z. B. 3% NaCl 1 ml/kg KG) sowie Diuretika angezeigt. Die Sauerstoffversorgung des Organismus ist durch Transfusion von Erythrozytenkonzentrat und ein ausreichendes Sauerstoffangebot in der Inspirationsluft sicherzustellen. Zur Prophylaxe einer Hämolyse werden von den Urologen als Spülflüssigkeit zunehmend 3%ige Sorbitol- oder 1%ige Glycerinlösungen eingesetzt, die gegenüber Erythrozyten isoton sind. Die optischen Eigenschaften derartiger Spülflüssigkeiten und ihre Nichtleitfähigkeit bleiben erhalten.

Hyponatriämie. Eine unabwendbare Folge der Blutverdünnung mit elektrolytfreien Lösungen ist der Abfall der Serumnatriumkonzentration. Frühe Symptome der Hyponatriämie sind Reizbarkeit, Verwirrungs Zustände, Unruhe; Hypotension, Tachykardie und EKG-Veränderungen (Verbreiterung des QRS-Komplexes, Anhebung des ST-Segmentes) treten bei stärkerem Abfall des Serumnatriums auf. Die Natriumkonzentration kann von 140 mmol/l auf 100 mmol/l abfallen. Ein Serumnatrium von 120 mmol/l scheint die Grenze zwischen leichten und schweren Reaktionen zu sein. Therapeutisch sind auch hier hypertone Kochsalzinfusionen (3% NaCl) und Diuretika indiziert.

11.11.3.2 Blutgerinnungsstörungen

Bei operativen Eingriffen an der Prostata (z. B. Prostatektomie) ist stets mit dem Eindringen von Gewebematerial in die Blutbahn zu rechnen. Dadurch kann der Blutgerinnungsmechanismus gestartet werden. Es kommt primär zur Thrombozytenaggregation und zur disseminierten intravaskulären Koagulation (DIC), die sekundär von einer Fibrinolyse abgelöst wird. Die Fibrinolyse verhindert jede weitere Blutgerinnung und erfordert die sofortige Gabe von ϵ -Aminokapronsäure (4–6 g initial, langsam i. v.). Der Gerinnungsstatus ist im perioperativen Verlauf wiederholt zu überprüfen und entsprechend zu korrigieren.

11.11.3.3 Blasenperforation

Die Perforation der Blase oder der Prostatakapsel, sowie die Blasentamponade mit Extravasation von Spülflüssigkeit und Harn sind als schwere Komplikationen der TUR und anderer urologischer Operationen zu betrachten. Der Anästhesist ist oft der erste, der diese Komplikation diagnostizieren kann; vorausgesetzt, er erkennt die Symptome während regionaler oder allgemeiner Anästhesieverfahren.

In Regionalanästhesie klagt der Patient über einen plötzlichen heftigen Schmerz im unteren Abdominalbereich. Das Abdomen wird bei Palpation zunehmend resistenter. Nach primärer Hypertension und Bradykardie folgen bald Hypotension und Schock.

In Allgemeinanästhesie ist die Perforation sehr viel schwerer zu diagnostizieren. Frühe Zeichen können Veränderungen der Atmung und Hypotension sein. Die Diagnose kann nur durch Zystoskopie und/oder Urethrographie gesichert werden. Auch im postoperativen Verlauf ist mit diesen Komplikationen zu rechnen.

Häufig erfolgt die Blasenperforation unbemerkt.

11.11.3.4 Reflexautomatismen bei Rückenmarksverletzungen

Patienten mit Verletzungen des Rückenmarks (z. B. Querschnittslähmung) leiden in der Regel unter einem Verlust der Harnblasenfunktion. Wiederholte urologische Kontrolluntersuchungen (z. B. Zystoskopie, Spülungen) sind deshalb keine Seltenheit. Erschwert werden diese Maßnahmen durch das Auftreten sog. Reflexautomatismen. Dabei folgt nach einem kompletten Querschnittssyndrom des Rückenmarks während 1–3 Wochen eine Phase mit schlaffer Lähmung unterhalb der Läsion und Hyperästhesie oberhalb der Läsion (sog. spinaler Schock). Danach setzt das Stadium der Reflexautomatismen ein, wobei periphere Nervenreize zu Reflexen innerhalb isolierter Rückenmarksanteile führen. Die Reflexe äußern sich in Form von Hyperreflexie, Muskelrigidität usw. Bei Patienten mit Läsionen oberhalb des 7. thorakalen Rückenmarksegments ist außerdem mit dem Auftreten einer autonomen Hyperreflexie zu rechnen, die v. a. dann auftritt, wenn die Rückenmarksegmente unterhalb der Läsion funktionsfähig bleiben. Bei der autonomen Hyperreflexie kann der normalerweise harmlose Reiz der Blasen-spülung zu plötzlicher Hypertension, Bradykardie, Flush, Schwitzen und hämmernden Kopfschmerzen führen, da eine reflektorische Vasodilatation unterhalb des Versorgungsgebiets der Verletzung infolge Unterbrechung der sympathischen Überleitung nicht erfolgen kann. Hartnäckig bestehende Bradykardie, Vasokonstriktion und Hypertonie können zum Herzversagen sowie zu Netzhaut- und Hirngefäßblutungen führen und erfordern eine medikamentöse Druckregulation mit Vasodilatoren. Bei Patienten mit Rückenmarksverletzungen ist infolge verstärkter Kaliumfreisetzung die Applikation von dMR mit größter Zurückhaltung durchzuführen, um kardiovaskuläre Störungen oder eine evtl. Asystolie auszuschließen.

11.11.3.5 Chronische Niereninsuffizienz

Patienten mit chronischer Niereninsuffizienz bei noch kompensierter Retention zeigen Azotämie, metabolische Azidose, Hyponatriämie, Hyperkaliämie, Anämie, gastrointestinale Störungen und als Folgen Erbrechen, Singultus, neuromuskuläre Störungen, kardiovaskuläre Störungen, Digitalisintoxikation und verschiedene andere Nebenerkrankungen. Die Anästhesie muß in erster Linie sicherstellen, daß ein ausreichender Perfusionsdruck für die Niere (> 60 mm Hg) garantiert ist. Gelingt dies durch Volumensubstitution und entsprechende Narkosesteuerung nicht, müssen gefäßaktive Pharmaka eingesetzt werden. Dabei sollten jene Substanzen bevorzugt werden, die die Nierenperfusion nicht wesentlich einschränken (z. B. Dopamin 5 µg/kg KG/min; Dobutamin 5 µg/kg KG/min). Da Barbitursäurepräparate die Nierenperfusion vermindern, ist eine Dosisreduktion entsprechend dem verminderten Plasmaeiweißgehalt angezeigt. Als Anästhesieverfahren hat sich die Intubationsnarkose mit Halothan bewährt.

dMR sollten beim Vorliegen einer Hyperkaliämie ($> 5,5$ mmol/l) nicht verabreicht werden; ndMR (Alcuronium, Pancuronium) werden nach Wirkung dosiert, jedoch im Einzelfall so gering wie möglich. Rückenmarksnahe Anästhesieverfahren sind nicht indiziert, wenn Blutgerinnungsstörungen bestehen und der arterielle Blutdruck bereits präoperativ in kritischen Bereichen liegt. Patienten mit chronischer Niereninsuffizienz und unter Hämodialyse bieten darüber hinaus weitere Probleme, die entsprechend zu berücksichtigen sind: Anämie, Blutgerinnungsstörungen, arteriovenöse Fisteln und die Infektionsgefahr.

Anämie. Der verminderte Hämoglobingehalt ist v. a. auf die eingeschränkte Erythropoetinproduktion in der Niere, weniger auf stumme Blutverluste im Darm durch Heparinisierung, sowie in den Dialyseapparaturen zurückzuführen. Der Patient kompensiert das schlechtere Sauerstoffangebot durch Steigerung des HZV, sowohl durch Frequenz- als auch durch Schlagvolumenerhöhung. Die Anästhesie muß darauf ausgerichtet sein, das HZV nicht wesentlich zu reduzieren. Bluttransfusionen können bei diesen Erkrankungen dennoch zurückhaltender eingesetzt werden als bei anderen Patienten, da in der Regel eine Adaptation an die verminderte Hämoglobinkonzentration vorliegt. Der durchschnittliche Hämoglobinwert liegt bei 6–8 g%. Für größere operative Eingriffe ist ein Hämoglobinwert von 10 g% anzustreben. Bei der Narkoseführung ist ein ausreichendes Sauerstoffangebot ($F_I O_2 > 0,5$) sicherzustellen.

Blutgerinnungsstörungen. Da für die Dialysebehandlung die Heparinisierung erforderlich ist, folgt zwangsläufig eine latente Störung des Blutgerinnungsmechanismus. Außerdem ist bei Patienten mit chronischer Niereninsuffizienz die Thrombozytenfunktion häufig gestört. Rückenmarksnahe Regionalanästhesieverfahren sollten in diesen Situationen nur nach entsprechender Kontrolle der Hämostase kritisch eingesetzt werden.

Arteriovenöser Shunt. Da die Funktionsfähigkeit des Shunts mit allen Mitteln garantiert werden muß, sind Blutdruckmessungen, Blutentnahmen und Infusionen stets am Arm der Gegenseite durchzuführen. Die Durchgängigkeit des Shunts sollte intraoperativ mit dem Stethoskop oder einem Dopplergerät überprüft werden.

Infektionsgefahr. Chronisch nierenkranke Patienten weisen in der Regel eine erhöhte Infektionsgefährdung auf. Der Anästhesist sollte deshalb bei diesen Patienten ein möglichst aseptisches Vorgehen garantieren (z. B. Schutzhandschuhe, neue Schlauchsysteme usw.).

11.11.3.6 Nierentransplantation

Chronisch kranke Patienten mit terminaler Niereninsuffizienz können Kandidaten für eine Nierentransplantation werden. Da bei diesen Patienten viele andere Operationen vorausgegangen sind (z. B. Shuntoperation, Vagotomie, bilaterale Nephrektomie), kann die Schaffung eines zuverlässigen intravenösen Zugangs erhebliche Schwierigkeiten bereiten. Darüber hinaus sind die Venenverhältnisse bei diesen Kranken infolge wiederholter Hämodialyse und Blutentnahmen für Laboruntersuchungen außerordentlich schlecht.

Anästhesieverfahren. Für eine Nierentransplantation ist die Allgemeinanästhesie die Methode der Wahl. Im Prinzip wird ebenso verfahren, wie bei Patienten, die dialyseabhängig sind (z. B. präoperative Hämodialyse, Optimierung von Elektrolyt- und Wasserhaushalt, Kontrolle der Blutgerinnungsfunktion, Kontrolle des SB-Haushalts, strenge Asepsis). Zur Narkoseeinleitung eignen sich reduzierte Dosen intravenöser Narkotika. Die Aufrechterhaltung der Narkose sollte bevorzugt mit einem Inhalationsnarkotikum erfolgen. Enfluran sollte jedoch nicht, Halothan mit Zurückhaltung (Dialysepatienten sind oft lebergeschädigt) eingesetzt werden. Zur Muskelrelaxierung sind dMR und ndMR geeignet, wobei die Auswirkungen der dMR auf den Kaliumgehalt des Serums berück-

sichtigt werden müssen. Gut geeignet sind d-Tubocurarin, Vecuronium und Atracurium. Eine ausreichende Oxygenierung sollte durch kontrollierte Ventilation sichergestellt werden.

Nach der Transplantation ist für eine gute Diurese zu sorgen (Volumensubstitution, Mannitol 20%ig 30 Tropfen/min, maximal 7 ml/kg KG, Furosemid 0,5 mg/kg KG). Da stündliche Harnmengen von 800–1000 ml keine Seltenheit sind, muß auch im weiteren postoperativen Verlauf für eine entsprechende Flüssigkeitssubstitution gesorgt werden. Des weiteren ist der Patient vor Infektionen zu schützen, da die immunsuppressive Therapie die Infektabwehrmöglichkeiten des Patienten herabsetzt.

11.12 Zahn-Mund-Kiefer-Chirurgie

Kieferchirurgische Operationen werden vorwiegend in Regionalanästhesie durchgeführt; der Anästhesist wird in diesen Fällen nur zur Überwachung des Patienten in Form des „stand by“ tätig. Wenn eine Allgemeinanästhesie erforderlich ist (z. B. infizierte Prozesse, Operationen bei Kindern), so besteht ebenso wie bei den Eingriffen in der HNO-Chirurgie das Problem der ungestörten Atemwegsfreihaltung wegen des Interessenkonflikts zwischen Anästhesist und Operateur. Für operative Eingriffe, die durchaus in Regionalanästhesie durchführbar wären, wegen mangelnder Kooperation des Patienten aber ein anderes Anästhesieverfahren erfordern, bietet die „kontrollierte Sedierungsbehandlung“ eine mögliche Alternative. Bei jeder Verabreichung von Sedativa, Hypnotika oder Narkotika sollte auch berücksichtigt werden, daß der Patient in der Regel ambulant behandelt wird, u. U. nicht ausreichend voruntersucht worden ist und einer postoperativen Nachsorge (z. B. Aufwachraum, Begleitperson) bedarf (s. auch 11.19 und 12.1) [69, 70, 259].

11.12.1 Operationsvorbereitung

Da die Mehrzahl der kieferchirurgischen Eingriffe ambulant durchgeführt wird, ist die Einhaltung einer ausreichenden Nahrungskarenz (mindestens 6 h) streng zu überprüfen. Die wesentlichsten klinischen und laborchemischen Untersuchungen müssen durchgeführt werden. Zur Prämedikation sollten ausschließlich Präparate mit kurzer Halbwertszeit verwendet werden, auf Atropin sollte man nicht verzichten. Die Lagerung des Patienten erfolgt in der Regel auf einem zahnärztlichen Behandlungsstuhl. Dieser Behandlungsstuhl ist nur für Eingriffe in Regionalanästhesie geeignet. Bei Erfordernis einer Allgemeinanästhesie oder einer „kontrollierten Sedierungsbehandlung“ muß der Behandlungsstuhl entweder in eine waagrechte Position gestellt werden können oder der operative Eingriff muß auf einem Operationstisch erfolgen. In jedem Fall darf der venöse Rückfluß nicht behindert sein. Die Kreislaufüberwachung erfordert neben Blutdruck- und Pulskontrolle auch die Ableitung eines EKG.

11.12.2 Anästhesieverfahren

Neben den Methoden der Regionalanästhesie, die in der Regel vom Operateur durchgeführt werden, kommen bei kieferchirurgischen Eingriffen die Allgemeinanästhesie und die „kontrollierte Sedierungsbehandlung“ zum Einsatz.

11.12.2.1 *Allgemeinanästhesie*

Die Allgemeinanästhesie erfolgt in der Regel als endotracheale Intubationsnarkose. Zur Narkoseeinleitung sind die üblichen intravenösen Narkotika, v. a. aber Methohexital und Etomidate, geeignet. Für die Aufrechterhaltung der Narkose sollten bevorzugt Inhalationsnarkotika verwendet werden. Soweit MR überhaupt erforderlich sind (z. B. Intubation), sollten dMR eingesetzt werden. Die endotracheale Intubation sollte nach vorheriger Gabe von Nasentropfen zur Abschwellung der Nasenschleimhaut auf nasalem Wege erfolgen, v. a. wenn die orale Position des Tubus die Arbeit des Operateurs erheblich behindert. Wenn eine stärkere Okklusion der Zahnreihe erfolgen muß, ist die orale Intubation in jedem Fall ungeeignet. Eine nasale Intubation darf jedoch nicht durchgeführt werden, wenn beim Patienten klinisch der Verdacht einer Schädelbasisfraktur besteht, eine schwere Mittelgesichtsverletzung oder eine Blutgerinnungsstörung vorliegt. Bei schweren Gesichts- und Kopfverletzungen ist auch die primäre Tracheotomie zu diskutieren. Die mit der ambulanten Durchführung einer Anästhesie im Zusammenhang stehenden Besonderheiten (z. B. Entlassungszeitpunkt, Fahrtüchtigkeit, Begleitperson, s. 11.19) sind zu beachten.

11.12.2.2 *Kontrollierte Sedierungsbehandlung*

Durch Minidosen von Thiopental und anschließender Gabe eines Gemisches aus Pethidin-Scopolamin kann der Patient in ein Stadium der Somnolenz versetzt werden [259]. Im einzelnen wird folgendes Vorgehen praktiziert: Nach intravenöser Gabe von Thiopental (0,2 mg/kg KG) erneute und wiederholte Applikation der gleichen Thiopentaldosis im Abstand von einigen Minuten, bis zum Eintritt von Somnolenz oder Erreichen einer Gesamtdosis von 1,5 mg/kg KG. Danach wird eine Mischung aus Pethidin (0,3 mg/kg KG) und Scopolamin (0,005 mg/kg KG) langsam intravenös injiziert. Der Patient muß während der gesamten Operation erweckbar bleiben und zuverlässig überwacht werden.

11.13 **Gynäkologische Chirurgie**

Gynäkologische Operationen zeigen aus anästhesiologischer Sicht keine wesentlichen Unterschiede zu abdominalchirurgischen Eingriffen. Das Spektrum dieser Operationen reicht von kurzdauernden vaginalen Eingriffen (z. B. Abrasio) bis zu mehrstündigen Unterbauchlaparotomien (z. B. Radikaloperation). Dabei wird entweder der vaginale Zugang mit oder ohne Peritonealeröffnung oder der abdominale Zugang bevorzugt. Eine gute Muskellerschlaffung ist für den Operationserfolg eine wesentliche Voraussetzung. Wenngleich Regionalanästhesieverfahren prinzipiell geeignet sind, werden sie von der überwiegenden Zahl der Patientinnen nicht gewünscht. Die Allgemeinanästhesie ist somit das bevorzugte Anästhesieverfahren bei gynäkologischen Operationen.

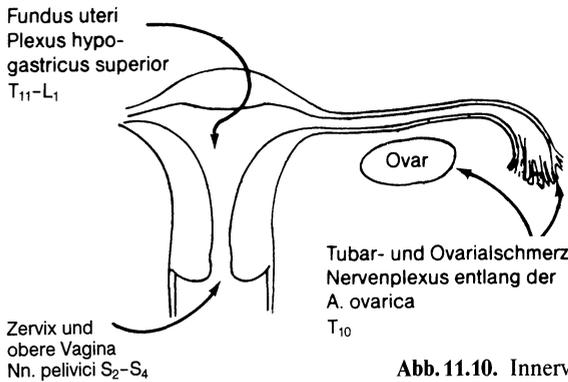


Abb. 11.10. Innervation des weiblichen Urogenitaltrakts

11.13.1 Operationsvorbereitung

Die allgemein gültigen Regeln der Voruntersuchung, Vorbehandlung und Prämedikation sind zu beachten. Da insbesondere ausgedehnte operative Eingriffe (z. B. Operation nach Wertheim) mit erheblichen Blutverlusten einhergehen können, ist in diesen Fällen ein zuverlässiger intravenöser Infusionsweg zu sichern. Dabei sollten drei oder mehr ausgekreuzte Blutkonserven bereitgestellt werden. Für die intraoperative Überwachung der Patienten sind in der Regel Blutdruck- und Pulsfrequenzmessungen sowie die Ableitung des EKG ausreichend. Die durch die Lagerung (z. B. Steinschnitt- oder Trendelenburg-Position) möglichen Störungen der Ventilation sind zu beachten.

11.13.2 Anästhesieverfahren

Die Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation ist für gynäkologische Operationen das geeignetste Schmerzausschaltungsverfahren, weil durch den Einsatz der kontrollierten Ventilation die lagerungsbedingten Ventilationseinschränkungen am wirkungsvollsten ausgeglichen werden können [439]. Nur bei den kurzdauernden Eingriffen (z. B. Abrasio, Radiumeinlage) kann auf die endotracheale Intubation und auf die kontrollierte Ventilation verzichtet werden.

Die Allgemeinanästhesie wird mit den üblichen intravenösen Narkotika eingeleitet. Für die Aufrechterhaltung der Narkose eignen sich sowohl Inhalationsnarkotika als auch intravenöse Narkotika (z. B. Fentanyl). Bei der Verwendung von dMR und ndMR sind keine operationsspezifischen Besonderheiten zu beachten.

Prinzipiell sind auch regionale Anästhesieverfahren, v. a. rückenmarksnahen Techniken (Abb. 11.10), zur Durchführung gynäkologischer Operationen geeignet; jedoch lehnt ein Großteil der Patientinnen diese Methoden der Schmerzausschaltung ab.

11.13.3 Operationsspezifische Besonderheiten

Mit Ausnahme der Laparoskopien sind operationsspezifische Besonderheiten bei den anderen gynäkologischen Eingriffen (z. B. Uterus- und Ovarialexstirpation, Operation nach Wertheim, Scheidenplastik, Vulvektomie, Abrasio, Radiumeinlage, Mammaoperation) nicht zu erwarten.

11.13.3.1 Laparoskopie

Die Aufblähung der Bauchhöhle mit Luft, Lachgas oder CO₂ erleichtert die endoskopische Betrachtung der intraabdominalen Genitalorgane. CO₂ hat sich als Füllgas zunehmend durchgesetzt. Da CO₂ leicht in das Gefäßsystem diffundiert, ist durch künstliche Ventilation eine Normokapnie sicherzustellen [34].

Anästhesieverfahren. Nur die Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation ist für die Durchführung von Laparoskopien geeignet. Zur Aufrechterhaltung der Narkose können sowohl Inhalations- als auch intravenöse Narkotika verwendet werden. Inhalationsnarkotika, die eine Irritabilität des Myokards begünstigen (z. B. Halothan) sollten nicht eingesetzt werden, da eine evtl. bestehende Hyperkarbie die Sensibilisierung des Myokards potenziert. Die kontrollierte Ventilation ist sowohl lagerungsbedingt als auch durch die intraabdominelle Druckerhöhung (u. U. bis 30 cm H₂O) erforderlich. Beide Maßnahmen reduzieren Compliance und Lungenvolumina.

Besonderheiten. Die künstliche Beatmung sollte bis zur Entlüftung des Abdomens aufrechterhalten werden. Der intraabdominelle Druckanstieg kann erhebliche hämodynamische Störungen bewirken, wobei Drücke von 20–25 cm H₂O den ZVD und das HZV steigern, Drücke von > 30–40 cm H₂O den ZVD und das HZV senken können.

11.14 Anästhesie in der Schwangerschaft und zur Geburtshilfe

Im Verlaufe einer Schwangerschaft kann sich die Notwendigkeit eines operativen Eingriffs ergeben. Dies ist überwiegend erforderlich bei akuten Erkrankungen (z. B. Appendizitis), seltener bei subakuten oder chronischen Leiden (z. B. Ovarialzysten, Tumoren oder endokrinen Erkrankungen). Auch die Behandlung einer inkompletten Zervix (Operation nach Shirodkar) ist ein Operationsverfahren der frühen Schwangerschaft. Die wesentlichste Aufmerksamkeit bei der Durchführung einer Anästhesie bei schwangeren Patientinnen für nichtgeburtshilfliche Eingriffe gilt der Vermeidung von teratogenen Medikamenten, der Vermeidung von fetaler Hypoxie und Azidose, sowie der Vermeidung vorzeitiger Wehen. Andererseits benötigen Schwangere in vielen Fällen bei der Entbindung eine Anästhesie oder zumindest eine weitgehende Schmerzausschaltung beim Geburtsablauf. In jedem Fall können Anästhesie und Operation durch die bestehenden physiologischen Besonderheiten bei der Mutter und die Einwirkungen der bei der Anästhesie verwendeten Medikamente und Techniken auf das Kind den Schwangerschaftsverlauf entscheidend beeinflussen [6, 16, 28, 134, 181, 226, 249, 250, 303, 315, 427].

11.14.1 Physiologie der Schwangerschaft

Die wesentlichsten physiologischen Besonderheiten der Schwangerschaft umfassen Veränderungen von Blutvolumen und Blutzusammensetzung sowie die Funktion des kardiovaskulären, respiratorischen, zentralnervösen und gastrointestinalen Systems.

11.14.1.1 Blutvolumen

Plasmavolumen und Erythrozytenvolumen nehmen im Verlauf einer Schwangerschaft um 30–50% zu. Da der Plasmavolumenzuwachs stärker ist als der des Erythrozytenvolumens, resultiert die sog. „physiologische Anämie“ der Schwangeren. Der Hämoglobingehalt beträgt in der Regel 11–12 g%, der Hkt liegt bei 33%. Des Weiteren kommt es zu einer Umverteilung des Blutvolumens, die auf die Behinderung des venösen Rückstroms durch den vergrößerten Uterus und die Mehrdurchblutung des Uterus zurückzuführen ist. Das erhöhte Blutvolumen ist in der Lage, den normalen Blutverlust bei vaginalen Entbindungen (ca. 400–600 ml) und den Blutverlust bei der Sectio caesarea (ca. 1000 ml) zu kompensieren. In der Regel sind Bluttransfusionen bei Entbindungen nicht erforderlich; es sei denn, der mütterliche Blutverlust überschreitet > 1500 ml. Das normale Blutvolumen ist etwa 7 Tage nach der Entbindung wieder hergestellt. Die totale Plasmaproteinkonzentration ist am Geburtstermin auf 6 g% reduziert (Verdünnungseffekt). Daraus resultiert eine Abnahme des kolloidosmotischen Drucks. Die Proteinbindung der Medikamente wird durch den Abfall der Serumalbuminkonzentration nicht beeinflusst. Die Gerinnungsfähigkeit des Blutes ändert sich insofern, als Thrombozyten, Fibrinogen und Gerinnungsfaktoren ansteigen, so daß eine Hyperkoagulabilität mit Disposition zur Thromboembolie besteht. Da die Aktivität der Serumcholinesterase abnimmt, kann die Wirkung der DMR verlängert sein.

11.14.1.2 Kardiovaskuläres System

Von der 14. Schwangerschaftswoche an kommt es infolge Zunahme des Schlagvolumens und der Herzfrequenz zu einem Anstieg des HZV um etwa 40%; der Höhepunkt dieser Veränderungen wird in der 32. Schwangerschaftswoche erreicht. Der Beginn der Wehen ist mit einer weiteren Steigerung des HZV verbunden, wobei unmittelbar nach der Entbindung der höchste Wert erreicht ist. Etwa 2 Wochen nach der Entbindung hat das HZV den Ausgangswert wieder erreicht.

Da der Blutdruck bei einem unkomplizierten Schwangerschaftsverlauf niemals über Normwerte steigt, muß der periphere Widerstand vermindert sein. Der diastolische Blutdruck ist während der Schwangerschaft um etwa 15% erniedrigt. Veränderungen des ZVD treten während der Schwangerschaft nicht auf. Im Gegensatz dazu ist der Druck in der V. femoralis erhöht, wahrscheinlich durch eine Kompression der V. cava inferior infolge des vergrößerten Uterus. Durch eine Erweiterung des venösen Gefäßgebiets kommt es zu einer Abnahme des venösen Blutflusses; dies ist neben einer verzögerten Resorption parenteral verabreichter Medikamente

Tabelle 11.5. Veränderungen (%) des kardiovaskulären Systems bei der Schwangeren

Parameter	% Abweichung von Nichtschwangeren
<i>Intravaskuläres Flüssigkeitsvolumen</i>	+35
Plasmavolumen	+45
Erythrozytenvolumen	+20
<i>Herzzeitvolumen</i>	+40
Schlagvolumen	+30
Herzfrequenz	+10
<i>Periphere Zirkulation</i>	
Systolischer Blutdruck	--
Diastolischer Blutdruck	-15
Peripherer Widerstand	-15
Zentraler Venendruck	--
Femorale Venendruck	+15

auch die Ursache für ein erhöhtes Thromboserisiko. Die Gefahr einer Kompression der V. cava durch den Uterus in Rückenlage ist am größten in der 36.–38. Schwangerschaftswoche. Der verminderte venöse Rückfluß führt zur Abnahme des Schlagvolumens des linken Ventrikels und zum Abfall des arteriellen Blutdrucks. Die Schwangere kann durch Umleitung des Bluts über den paravertebralen Plexus zu den Azygosvenen den verminderten Rückstrom des Bluts teilweise kompensieren. Dieser Mechanismus kann jedoch dazu führen, daß bei einer Periduralanästhesie eine Bolusinjektion von Lokalanästhetika schnell in das Herz gelangen kann. Ein anderer Kompensationsmechanismus beruht auf einer Steigerung des Sympathikotonus, der über den Anstieg des peripheren Widerstands den Blutdruck im Normbereich hält. Dieser Kompensationsmechanismus kann jedoch bei Regionalanästhesie ausgeschaltet sein. Außerdem kann es durch den vergrößerten Uterus zu einer Kompression der Aorta kommen, die eine uteroplazentare Insuffizienz und eine fetale Asphyxie auslösen kann (Tabelle 11.5).

11.14.1.3 Respiratorisches System

Infolge kapillärer Überfüllung der Schleimhaut der oberen Atemwege ist die Blutungsgefahr im Bronchialsystem erhöht; durch Schwellung von Stimmbändern und Aryknorpeln erfordert die Intubation besondere Sorgfalt. Die Ventilation der Schwangeren wird wahrscheinlich durch die atemstimulierende Wirkung des Progesterons erheblich gesteigert, wobei das Atemzugvolumen um 40% und die Atemfrequenz um 15% zunehmen. Die alveoläre Ventilation ist in der Regel um 70% erhöht (Abb. 11.11). Mit der zunehmenden Vergrößerung des Uterus wird das Zwerchfell nach kranial verdrängt, wodurch es zur Abnahme der FRK kommt. Die Kombination von erhöhtem AMV und verminderter FRK beschleunigt den Konzentrationsanstieg von Inhalationsnarkotika in den Alveolen, so daß Einleitung und Vertiefung der Narkose relativ schnell erfolgen.

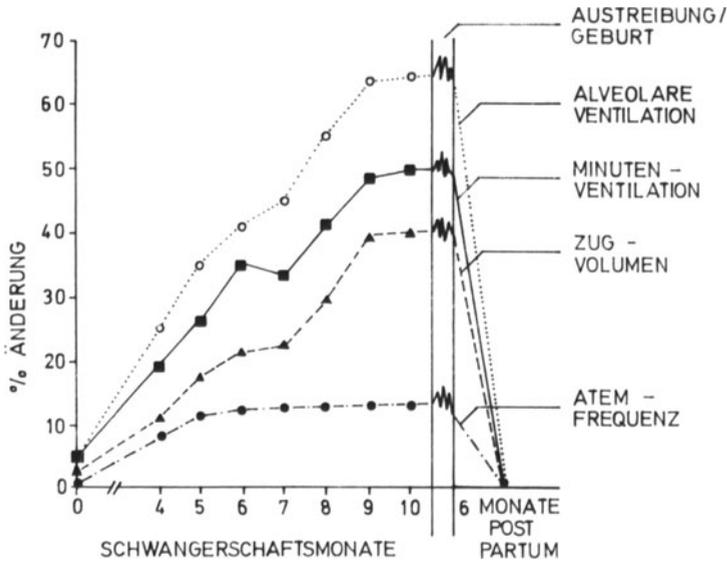


Abb. 11.11. Prozentuale Änderung von Atemfrequenz, Atemzugvolumen, Atemminutenvolumen und alveolärer Ventilation in den verschiedenen Schwangerschaftsmonaten und während der Geburt

Tabelle 11.6. Veränderungen (%) des respiratorischen Systems bei der Schwangeren

Parameter	% Abweichung von Nichtschwangeren
Atemminutenvolumen	+ 50
Atemzugvolumen	+ 40
Atemfrequenz	+ 10
Totale Lungenkapazität	--
Vitalkapazität	--
Forcierte Residualkapazität	- 20
Expiratorisches Residualvolumen	- 20
Residualvolumen	- 20
Atemwegswiderstand	- 35
Arterieller Sauerstoffdruck	+ 10 mm Hg
Arterieller Kohlendruck	- 10 mm Hg
Arterieller pH-Wert	--
Sauerstoffverbrauch	+ 20

Infolge der adaptativen Hyperventilation ist die Sauerstoffversorgung der Schwangeren bei Obstruktion und Hypoventilation relativ schnell gefährdet. Der mütterliche p_aCO_2 in Ruhe fällt von 40 auf 30 mm Hg. Der Sauerstoffverbrauch der Schwangeren nimmt kontinuierlich bis um 15% zu. Während des Geburtsvorgangs kann dieser Zuwachs noch höhere Werte erreichen (Tabelle 11.6).

11.14.1.4 Veränderungen des ZNS

Der Bedarf an Narkotika ist bei Schwangeren vermindert. Es wird angenommen, daß dies auch für N₂O zutrifft. Als Ursache der veränderten Reaktion auf Narkotika wird der sedative Effekt des Progesterons diskutiert.

11.14.1.5 Veränderungen im Gastrointestinaltrakt

Die Schwangere neigt leicht zum Erbrechen und ist hinsichtlich einer Aspiration von Mageninhalt gefährdet. Diese Veränderung kann mit der Verlagerung des vergrößerten Uterus nach kranial und dorsal erklärt werden, wodurch die Motilität des Magens reduziert wird. Dies verursacht eine Ansammlung von Magensaft, der zudem eine höhere Azidität besitzt. Schließlich verändert der vergrößerte Uterus den gastroösophagealen Winkel, so daß der Sphinktertonus des Ösophagus vermindert wird. Ein Reflux von Magensaft in den Ösophagus und Ösophagitis sind deshalb bei Schwangeren relativ häufig. Diese Veränderungen sind mit Eintritt der Wehen besonders ausgeprägt. Daraus wird verständlich, daß das Aspirationsrisiko bei der Einleitung einer geburtshilflichen Anästhesie besonders hoch ist. Tatsächlich ist die Aspirationspneumonie eine der häufigsten mütterlichen Todesursachen nach Entbindungen. Wenngleich orale Antazida den pH-Wert des Magensafts erhöhen können, ist der Beweis für den protektiven Effekt dieser Therapie nur schwer zu erbringen. Darüber hinaus muß berücksichtigt werden, daß eine Wartezeit von 30 min für den Anstieg des pH-Werts auf $> 2,5$ nach Applikation des Antazidums eingehalten werden muß. Als weitere prophylaktische Maßnahme werden Metoclopramid (Paspertin 0,2 mg/kg KG), das den Tonus des unteren Ösophagus sphinkters steigert und der H₂-Rezeptorantagonist Cimetidin (5 mg/kg KG), der den pH-Wert des Magensafts auf $> 5,0$ steigert, verwendet. Auch diese Pharmaka bieten jedoch keinen absoluten Schutz vor dem Risiko einer Aspirationspneumonie.

11.14.1.6 Uterusdurchblutung

Am Geburtstermin umfaßt die Uterusdurchblutung etwa 10% des mütterlichen HZV. Da für die Uterusdurchblutung keine Autoregulation besteht, entspricht sie weitgehend dem mittleren Perfusionsdruck. Die Uterusdurchblutung wird beeinflußt durch Medikamente oder Ereignisse, die den Perfusionsdruck oder den Gefäßwiderstand verändern. Dabei besitzt die mütterliche Hypotension eine besondere Bedeutung, wenngleich die Uterusdurchblutung um mindestens 50% abnehmen muß, bevor eine fetale Schädigung erfolgt.

Hypotension. Die Uterusdurchblutung kann durch Hypotension infolge aortokavaler Kompression oder durch periphere sympathische Nervenblockade reduziert werden. Uteruskontraktionen reduzieren die Uterusdurchblutung infolge Steigerung des venösen Drucks sekundär. Schließlich kann die Stimulation der α -Rezeptoren die Uterusdurchblutung mindern, denn die Uterusgefäße sind reichlich vom sympathischen Nervensystem versorgt.

Steigerung des peripheren Widerstands. Eine Steigerung des Widerstands der Uterusgefäße kann infolge Streß oder Schmerz durch Freisetzung von Katecholaminen erfolgen. Dies zeigt, daß eine gute Allgemein- oder Regionalanästhesie als Schutzwirkung für den Feten zu betrachten ist.

Tabelle 11.7. Determinanten der Diffusion von Pharmaka durch die Plazenta

Kriterium	Rasche Diffusion	Langsame Diffusion
Mütterliche Proteinbindung	niedrig	hoch
Molekulargewicht	< 500	> 1000
Fettlöslichkeit	hoch	niedrig
Ionisation	minimal	maximal

Anästhesieverfahren. Die Wirkungen der Medikamente und Methoden auf die Uterusdurchblutung sind zumeist Folgen ihres Einflusses auf den mütterlichen Blutdruck. So können Barbiturate oder Inhalationsnarkotika infolge Blutdruckabfalls zu einer Reduzierung der Uterusdurchblutung führen. Ketamin vermindert in Dosierungen bis 1 mg/kg KG die Uterusdurchblutung wahrscheinlich nicht, höhere Dosierungen erzeugen jedoch einen Anstieg des Uterustonos und damit eine Verminderung der Uterusdurchblutung, obwohl ein normaler mütterlicher Blutdruck besteht. Periduralanästhesie verändert die Uterusdurchblutung nicht, wenn eine mütterliche Hypotension vermieden wird. Auch die Zugabe von Adrenalin zum Lokalanästhetikum beeinflusst die Uterusdurchblutung nicht.

11.14.2 Plazentapassage der Medikamente

Die diaplazentare Passage von Pharmaka ist abhängig von der mütterlichen Plazentaperfusion, der fetalen Plazentadurchströmung, vom Metabolismus der Plazenta und ihrem Alter sowie von der Lipoidlöslichkeit, dem Ionisationsgrad, dem Molekulargewicht und der Proteinbindung der passierenden Pharmaka. Die Plazenta verhält sich hinsichtlich der Pharmaka wie eine Lipoidmembran. Somit wird die Plazentapassage durch hohe Lipoidlöslichkeit, niedrige Ionisation und geringes Molekulargewicht erleichtert, während niedrige Lipoidlöslichkeit, hohe Ionisation und hohes Molekulargewicht die Plazentapassage erschweren (Tabelle 11.7).

11.4.2.1 Narkotika

Wegen ihrer guten Fettlöslichkeit diffundieren alle intravenösen Narkotika etwa gleich rasch durch die Plazenta. Die maternofetale Zeitverzögerung liegt in der Größenordnung von einer bis mehreren Minuten, wobei die Art der Applikation eine erhebliche Bedeutung besitzt. Auch das niedrige Molekulargewicht der Narkotika begünstigt die Plazentapassage.

11.14.2.2 Muskelrelaxanzien

ndMR besitzen ein hohes Molekulargewicht und eine geringe Fettlöslichkeit, so daß ihre Plazentapassage sehr schlecht ist. dMR besitzen zwar ein niedriges Molekulargewicht, jedoch sind sie hoch ionisiert, so daß auch diese Substanzen die Plazenta schlecht passieren. Grundsätzlich kann festgestellt werden, daß MR mit Ausnahme von Gallamin in der für die Anästhesie üblichen Dosierung die Plazenta in klinisch relevanten Mengen nicht passieren. Ein weiterer Sicherheitsfaktor ist ne-

Tabelle 11.8. Plazentapassage der im Rahmen der Anästhesie verwendeten Medikamente, sowie die daraus entstehenden fetalen und neonatalen Probleme

Substanz	Plazentapassage	Problem
Barbitursäurepräparate	Vollkommen, nach 2–3 min Äquilibrium	Unbedeutend, wenn <3,5 mg/kg KG verabreicht wurden und 4–8 min zwischen Applikation und Entbindung verstrichen sind
Propanidid	Rasch	–
Diazepam, Tranquilizer	Rasch	Hypothermie und Apnoe, lange Halbwertszeit
Opioide	Abhängig vom Ionisationsgrad, Molekulargewicht und Fettlöslichkeit	Atemdepression, verzögerter Metabolismus, verminderte renale Ausscheidung
Lachgas	Rasch	U. U. Diffusionsanoxie
Halothan	Rasch	Veränderung der Herzfrequenz, Hypoglykämie
Muskelrelaxanzien	Sämtliche dMR und ndMR mit Ausnahme von Gallamin schlecht	Nur bei hohen Dosen von Succinylcholin (> 200 mg)
Lokalanästhetika	Rasch	Bradykardie bei Überdosierung oder versehentlicher intravasaler Applikation

ben der Plazentabariere die Verdünnung der MR im mütterlichen Kreislauf. Deshalb ist der Durchtritt von MR durch die Plazenta bei langsamer Injektionsgeschwindigkeit außerordentlich gering.

11.14.2.3 Lokalanästhetika

Die Proteinbindung eines Medikaments behindert in der Regel die Passage der Substanz durch die Plazenta. Lidocain ist z. B. nur zu 50–70%, Bupivacain jedoch zu 95% an Protein gebunden. Allerdings verläuft die Dissoziation der Lokalanästhetika vom Protein sehr rasch, so daß es fraglich ist, ob die Proteinbindung der Lokalanästhetika tatsächlich eine größere klinische Bedeutung besitzt. Da Lokalanästhetika zudem fettlöslich und hoch ionisiert sind, ist eine rasche Plazentapassage zu erwarten (Tabelle 11.8). Generell passieren Substanzen mit einem Molekulargewicht < 600 g/mol die Plazenta leicht, Substanzen mit einem Molekulargewicht > 1000 g/mol hingegen schwer [173].

11.14.3 Fetale Aufnahme der Medikamente

Für die Aufnahme eines Medikaments im Feten muß berücksichtigt werden, daß das fetale Blut saurer als das der Mutter ist (~0,1 pH niedriger). Schwach basische Medikamente, wie Narkotika und Lokalanästhetika, werden somit im fetalen

Kreislauf stärker ionisiert. Da ein stärkerer Ionisationsgrad die Plazentapassage erschwert, bedeutet dies, daß diese Substanzen länger im fetalen Kreislauf zirkulieren. Da andererseits 75% des umbilikalen venösen Bluts durch die Leber fließt, ist die Metabolisierungsrate der Medikamente erhöht. Dies erklärt, daß z. B. eine mütterliche Depression des ZNS durch Thiobarbiturat beim Feten nicht in gleicher Weise erfolgt.

11.14.4 Anästhesie während der Schwangerschaft

Grundsätzlich gilt, daß Anästhesie und Operation bei schwangeren Patientinnen im ersten Trimenon nur bei vitaler Indikation durchgeführt werden sollten, in den folgenden Schwangerschaftsphasen kann die Anästhesie nach den üblichen Regeln erfolgen. Dabei gelten für Regional- und Allgemeinanästhesien die gleichen Indikationen, wie bei nichtschwangeren Patienten. Im Vordergrund aller Bemühungen muß die Vermeidung teratogener Medikamente, die Vermeidung fetaler Hypoxie und Azidose und die Verhinderung vorzeitiger Wehen stehen.

11.14.4.1 Vermeidung teratogener Medikamente

Alle Medikamente, einschließlich jener Substanzen, die für die Anästhesie verwendet werden, besitzen in mindestens einer Spezies teratogene Eigenschaften. Dennoch darf davon ausgegangen werden, daß die kurzfristige Applikation eines Pharmakons den Schwangerschaftsverlauf nicht entscheidend beeinflusst. Der Fetus befindet sich zwischen dem 15. und 56. Tag nach der Empfängnis in seiner empfindlichsten Entwicklungsphase, so daß während dieses Zeitraums Indikation und Durchführung von Anästhesie und Operation besonders strengen Kriterien unterliegen sollte.

Innerhalb von drei Entwicklungsperioden der Leibesfrucht sind unterschiedliche Einwirkungen von Medikamenten und Methoden zu unterscheiden. Die größte Gefahr besteht im ersten Trimenon der Schwangerschaft [6, 134].

Erstes Trimenon. Jede Anästhesie im ersten Entwicklungsabschnitt kann zu einer Keimschädigung des Embryos durch die dabei verwendeten Medikamente führen. Im Tierversuch unter extremen Bedingungen sind praktisch durch alle Substanzen Reduzierungen in Zellwachstum und Zelltei-

Tabelle 11.9. Einwirkung der im Rahmen der Anästhesie verwendeten Medikamente auf den Embryo (1. Trimenon)

Substanz	Wirkung
Barbiturate	Hämorrhagische Diathesen
Opioide	Mißbildungen des ZNS
Tranquillizer	Teratogene Eigenschaften
Lachgas	Hinderung der Hämatopoese; Leukopenie
Halothan	Steigerung der Abortrate, Reduzierung des Geburtsgewichts
Lokalanästhetika	Bei direkter Applikation: epileptiforme Anfälle
Hypoxie u. Hyperkarbie	Signifikante Verstärkung aller Effekte

lung sowie Erhöhungen der Bildung abnormer Zellen nachweisbar (Tabelle 11.9). Es gibt jedoch bis heute keine zuverlässigen Daten, die belegen, daß die limitierte Einwirkung von Narkotika auf den menschlichen Embryo alleinschädigende Effekte besitzt. Bei den bisher beschriebenen Beobachtungen handelt es sich offensichtlich um multifaktorielle Ereignisse, bei denen auch die Disposition einen erheblichen Einfluß ausüben könnte. Von entscheidender Bedeutung für eine mögliche Schädigung des Embryos ist die Uterusdurchblutung. Jede Substanz und jede Maßnahme, die die Durchblutung des Uterus herabsetzt, ist für die Entwicklung des Embryos nachteilig. In diesem Zusammenhang muß auch die Einwirkung der Narkotika auf schwangere Mitarbeiterinnen des Anästhesie- und Operationspersonals berücksichtigt werden. Infolge der chronischen Narkotikaexposition ist in diesem Personenkreis eine relativ hohe Abortrate zu beobachten, v. a. bei Anästhesistinnen. Das Geburtsgewicht der Kinder ist signifikant niedriger als bei Frauen anderer Berufsgruppen.

Zweites Trimenon. Der mittlere Entwicklungsabschnitt des Feten kann als relativ stabile Phase in der Schwangerschaft bezeichnet werden. Die Anästhesie kann nach den allgemein gültigen Richtlinien erfolgen. Allerdings muß nach dem 4. Schwangerschaftsmonat mit dem Auftreten einer V.-cava-Kompression gerechnet werden. Dieses Ereignis beinhaltet zwei Gefahren: den Blutdruckabfall und eine mögliche vorzeitige Plazentalösung. Selbst Hypothermie und kontrollierte Hypotension können unter entsprechender Indikation eingesetzt werden; zumindest hat ihre Anwendung bisher keine negativen Folgen auf die Entwicklung der Leibesfrucht gezeigt.

Drittes Trimenon. Ebenso wie der mittlere bildet auch der letzte Abschnitt der Entwicklung des Feten eine relativ stabile Phase, so daß direkte Störungen durch die im Rahmen der Anästhesie verwendeten Medikamente und Methoden nicht zu befürchten sind. Voraussetzung dafür sind jedoch die Aufrechterhaltung normaler Blutdruckverhältnisse und eine ausreichende Sauerstoffversorgung der Schwangeren und des Feten.

11.14.4.2 Vermeidung fetaler Hypoxie und Azidose

Hypoxie und Azidose werden beim Feten am zuverlässigsten durch Vermeidung von Hypotension und arterieller Hypoxämie sowie durch Veränderungen des $p_a\text{CO}_2$ bei der Mutter verhindert. Während Hypoxie bei der Mutter sehr schnell zur fetalen Hypoxie führt, verursacht eine mütterliche Hyperoxie keine uterine arterielle Vasokonstriktion. Darüber hinaus steigt der arterielle Sauerstoff des Feten unter diesen Bedingungen nur selten auf > 45 mm Hg an, da der Sauerstoffverbrauch der Plazenta sehr hoch ist. Hyperventilation und positive Atemwegsdrücke sollten bei schwangeren Frauen nach Möglichkeit vermieden werden, weil diese die Uterusdurchblutung reduzieren. Außerdem verschlechtert Alkalose die Sauerstoffabgabe an den Feten.

11.14.4.3 Verhinderung vorzeitiger Wehen

Es gibt keinen Hinweis, daß bestimmte anästhesiologische Techniken oder für die Anästhesie verwendete Pharmaka mit einer vorzeitigen Auslösung von Wehen einhergehen. Vielmehr ist es die bestehende pathophysiologische Situation, die den Beginn der Wehentätigkeit einleitet. Vorzeitige Wehen können medikamentös mit selektiven β_2 -Agonisten (z. B. Terbutalinsulfat 0,007 mg/kg KG) behandelt werden, wodurch eine Relaxation der Uterusmuskulatur erfolgt. Die Relaxation der Uterusmuskulatur bewirkt zugleich eine Verbesserung der uteroplazentaren Durchblutung.

11.14.4.4 Anästhesieverfahren

Grundsätzlich sollten elektive operative Eingriffe immer aufgeschoben werden, bis die Entbindung erfolgt ist. In dringenden Fällen sollte versucht werden, den Eingriff in das 2. bis 3. Trimenon zu legen. Notfalloperationen im 1. Trimenon sollten nach Möglichkeit in Regionalanästhesie erfolgen. Ein kontinuierliches intraoperatives Monitoring der fetalen Herzfrequenz (normal 120–160/min) ist anzuraten. Bei Erfordernis einer Allgemeinanästhesie sind nur niedrige Konzentrationen von Inhalationsnarkotika zu verwenden, die $F_{I}O_2$ sollte 0,5 betragen.

11.14.5 Anästhesie zur Entbindung

Neben der Durchführung des präoperativen Routineuntersuchungsprogramms, der Schaffung zuverlässiger Infusionswege und der Überwachung der kardiovaskulären Funktion durch entsprechende Techniken (z. B. Blutdruck-, Pulsmessung, EKG-Ableitung), sind einige Besonderheiten bei der Prämedikation und vor der Narkoseeinleitung zu beachten.

11.14.5.1 Prämedikation

Die medikamentöse Narkosevorbereitung sollte v. a. die Angst der Schwangeren vor dem operativen Eingriff oder dem Geburtsablauf auf ein Mindestmaß reduzieren. Auch die psychische Führung ist in die Operationsvorbereitung einzubeziehen, insbesondere wenn Regionalanästhesieverfahren eingesetzt werden sollen. Barbiturate (Luminal 2 mg/kg KG) sind den Benzodiazepinen (Valium 0,15 mg/kg KG) vorzuziehen, obwohl beide Stoffklassen die Plazenta passieren. Die Benzodiazepine erscheinen jedoch wegen ihrer wesentlich längeren Halbwertszeit weniger gut geeignet. Opiode sollten nicht verwendet werden. Gegen die Applikation von Belladonnaalkaloiden (Atropin 0,01 mg/kg KG) bestehen keine Bedenken.

11.14.5.2 Technische Vorbereitungsmaßnahmen

Um auf das Eintreten eines V.-cava-Kompressionssyndroms vorbereitet zu sein, muß der Operationstisch, auf dem die Schwangere gelagert werden soll, auf einwandfreie Funktion der Seitwärtsdrehung überprüft werden. Die Gefahr von Erbrechen und Aspiration ist bei Schwangeren erhöht, weil durch den graviden Uterus Magen und Darm hochgedrängt werden und somit die Entleerung dieser Organe verzögert wird (Abb. 11.12). Die verzögerte Entleerung wird verstärkt durch Schmerz, Angst, Medikamentenwirkung und Wehentätigkeit. Die Ausheberung des Magens ist für die Patientin außerordentlich unangenehm; sie ist auch nicht immer erfolgreich, verursacht Verzögerungen im Anästhesie- und Operationsbeginn und kann sogar kontraindiziert sein (z. B. Placenta praevia, schwere Hypovolämie, Nabelschnurvorfal, drohende Uterusruptur). Bei elektiven Eingriffen ist deshalb mindestens 6 h, besser noch 12 h vor der Narkoseeinleitung die Nahrungszufuhr zu unterbrechen. Flüssigkeit sollte peroral nur in Form von Eiswürfeln, ansonsten auf intravenösem Wege zugeführt werden. Um der hohen Letalität der Aspiration zu begegnen, werden folgende Sicherheitsvorkehrungen empfohlen: die prophylakti-

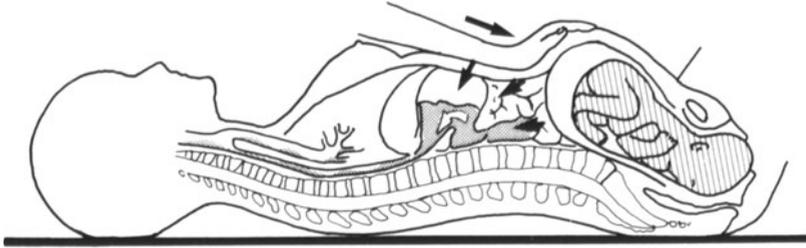


Abb. 11.12. Erhöhtes Aspirationsrisiko durch gesteigerten intraabdominalen Druck bei der Schwangeren

sche Gabe von Antazida, in akuten Notfällen die Magenentleerung, v.a. aber der Krikoiddruck (s.6.9.4.1). Ob der Empfehlung auf Vorgabe eines Antazidums vorbehaltlos zugestimmt werden kann, unterliegt vorerst noch der Diskussion. Als Mittel der Wahl gilt 0,3 molares Natriumzitat, das in einer Menge von 10–20 ml wenige Minuten vor Narkoseeinleitung verabreicht werden soll. In jedem Fall sind Absaugvorrichtungen auf Funktionstüchtigkeit zu überprüfen und eine Assistenz zur Durchführung des Krikoiddrucks bereitzustellen. Da der Uterus vor allem α -Rezeptoren besitzt, sollten als kardiozirkulatorische Stimulanzien vor allem Vasopressoren mit überwiegend stimulierender Wirkung auf die β -Rezeptoren bereitgestellt werden (z. B. Epinephrin) [66, 239, 347, 438]. Die Anwendung anderer Vasopressoren führt zwar zur Anhebung des mütterlichen Blutdrucks, jedoch ebenfalls zur Minderung der Uterusdurchblutung. Die fetale Herzfrequenz sollte zwischen 120–160 Schlägen/min betragen. Herzfrequenzen von >160 Schlägen/min werden als Tachykardien, Herzfrequenzen von <120 Schlägen/min als Bradykardien bezeichnet.

11.14.5.3 Anästhesieverfahren

Der Wehenschmerz und der zervikale Dilatationsschmerz werden vorwiegend über die Thorakalsegmente $Th_{11/12}$ geleitet. Der Dehnungsschmerz des Geburtskanals und des Beckenbodens verläuft über die Sakralsegmente $S_{3/4}$ (Abb. 11.13). Somit

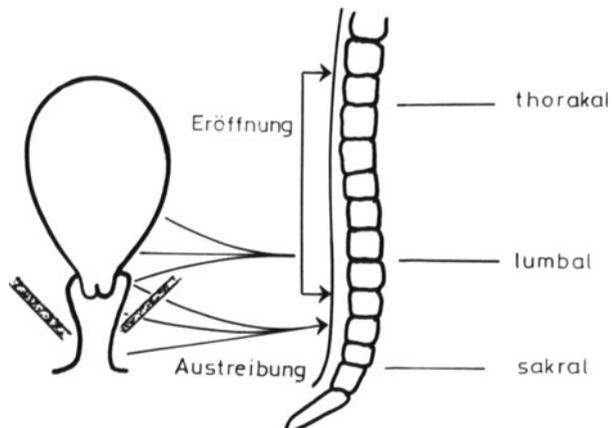


Abb. 11.13. Schematische Darstellung der Schmerzleitung während der Eröffnungs- und Austreibungsperiode des Geburtsablaufs

sind zur Schmerzausschaltung während des Geburtsvorgangs Regionalanästhesieverfahren, die Sedierungsbehandlung und die Allgemeinanästhesie geeignet. Am häufigsten werden Regionalanästhesieverfahren eingesetzt. Andererseits haben auch Allgemeinanästhesieverfahren und die Schmerzbehandlung ihren Platz in der geburtshilflichen Schmerzausschaltung.

Im Vordergrund der anästhesiologischen Aufgaben steht die Aufrechterhaltung normaler Blutdruckverhältnisse und eines ausreichenden Sauerstoffangebots. Insbesondere ausgeprägte Hypotensionen sind zur Vermeidung von Sauerstoffmangelschäden des Kindes auszuschließen. Besonders bei der Wehentätigkeit kann eine Hypotension die intrauterine Zirkulation total unterbrechen, wenn die Wehen höhere intrauterine Druckwerte erzeugen, als der Systemdruck aufweist. Bei der geburtshilflichen Anästhesie ist davon auszugehen, daß die schmerzhaftesten Phasen der Geburt bei der Dilatation der Zervix sowie bei der Dehnung von Vagina und Damm auftreten.

Regionalanästhesie. Als Methoden der Regionalanästhesie werden vom Anästhesisten v. a. die Verfahren der Peridural- und Spinalanästhesie eingesetzt. Die transvaginalen Leitungsanästhesien (Parazervikalblockade, Pudendusnästhesie) werden fast ausnahmslos vom Geburtshelfer appliziert. Dabei wird man sich nach der Dilatation des Muttermunds richten, der bei der Erstgebärenden auf 5–6 cm, bei der Mehrgebärenden auf 4–5 cm erweitert sein sollte. Wird die Anästhesie zu einem früheren Zeitpunkt appliziert, kann es zum Stillstand der Wehen kommen.

Periduralanästhesie. Die PDA kann im Rahmen der Geburtshilfe als Einmalinjektion oder als Kathetertechnik eingesetzt werden. Die Kathetermethode, bei der in jeder Phase der Geburt eine selektive Blockade der gewünschten Segmente durch entsprechende Dosierung des Anästhetikums und Lagerung der Patienten möglich ist, hat die Einmalinjektion weitgehend verdrängt. Da die PDA eine signifikante Steigerung der uteroplazentaren Durchblutung bewirkt, wird sie bevorzugt bei Risikogeburten [z. B. EPH-Gestosen (Ödem, Proteinurie, Hypertension), Frühgeburten, Zwillingsgeburten, Beckenendlagen usw.] eingesetzt. Die PDA ist abgesehen von den allgemein geltenden Kontraindikationen bei vaginalen Blutungen nicht indiziert. Verglichen mit der Spinalanästhesie ist die sensorische Ausbreitung bei der PDA besser zu kontrollieren. Außerdem erfolgt eine geringere Beteiligung des sympathischen Nervensystems. Die Dosismengen sind höher, so daß ein Plazentadurchtritt möglich ist. Dennoch unterscheiden sich Kinder, deren Mütter PDA erhalten haben, nicht von jenen, deren Mütter unter Spinalanästhesie entbunden haben.

Vor Durchführung einer PDA sollte man daran denken, daß bei der Schwangeren die paravertebralen Venenplexus gestaut sind. Diese Stauung vermindert die Größe des Periduralraums und erhöht die Gefahr der versehentlichen intravasalen Applikation von Lokalanästhetikum.

Technik. Vor Anlegen der PDA wird der Schwangeren eine ausreichende Menge eines Volumersatzmittels (10–15 ml/kg KG) intravenös infundiert. Die Anästhesie wird am zweckmäßigsten in linker Seitenlage im Bereich des 1., 2. oder 3. lumbalen Interspinalraums durchgeführt. Nach Auffinden des Periduralraums wird der Katheter 3–4 cm durch die Punktionskanäle kranialwärts vorgeschoben und eine Testdosis (2 ml Bupivacain 0,25%) injiziert, um eine totale Spinalanästhesie oder die versehentliche intravasale Injektion des Lokalanästhetikums (Venen im Periduralraum der Schwangeren stark gestaut) mit toxischen Komplikationen auszuschließen. Nach sorgfältiger Überwachung der Schwangeren während der folgenden 4–5 min wird dann wie folgt verfahren:

In der Eröffnungsperiode erzielt man mit Einzeldosen von 10 ml Bupivacain 0,25% eine durchschnittliche Analgesie von 1½–2 h. Die Anästhesie dehnt sich in der Regel bis etwa Th₁₀ aus. Nachinjektionen sollten nur nach Wirkung mit ½–⅓ der Primärdosis erfolgen. Während aktiver Wehentätigkeit sollte jedoch nicht injiziert werden.

In der Austreibungsperiode sind 10 ml Bupivacain 0,125% ausreichend, um bei erhaltener Bein- und Bauchdeckenmotorik eine ausreichende Analgesie zu erreichen.

Die Versagerquote liegt bei etwa 2%, wobei häufig eine unilaterale Anästhesie vorliegt. Bei versehentlicher Duraperforation werden Nadel und Katheter entfernt und ein neuer Zugang eine Etage höher versucht. Zur Vermeidung postspinaler Kopfschmerzen ist ein Blutpatch zu setzen; die

Patientin sollte mindestens 24 h Bettruhe einhalten. Sollte es zum Blutdruckabfall kommen, ist neben der Volumensubstitution auch die Gabe eines Vasopressors (z. B. Epinephrin 0,002 mg/kg KG = 1–2 ml der 1 : 10 verdünnten Ampulle) indiziert.

Auch bei der Sectio caesarea kann prinzipiell eine PDA oder Spinalanästhesie eingesetzt werden; es muß jedoch berücksichtigt werden, daß hierbei eine Ausdehnung der Anästhesie mindestens bis zum 8., am besten bis zum 5. Thorakalsegment erfolgt. Erreicht die Anästhesie höhere Thorakalsegmente, muß mit schweren kardiovaskulären Nebenwirkungen gerechnet werden. Die lumbale PDA ist bei abdominalen Eingriffen aufgrund physiologischer Überlegungen eindeutig überfordert. Andererseits ist es fraglich, ob das höhere Risiko der thorakalen PDA ihren Einsatz bei der Sectio caesarea rechtfertigt. Die Konzentration des Bupivacains muß mindestens 0,5–0,7% betragen. Für einen schnellen Eintritt der Anästhesie wird Prilocain (1–3%) empfohlen, allerdings sollten 600 mg nicht überschritten werden (Methämoglobinämie). Die endotracheale Intubationsnarkose wird deshalb als das besser geeignete Anästhesieverfahren bei der Sectio caesarea angesehen.

Sakralanästhesie. Der kaudale Zugang zum Periduralraum erfolgt über den Hiatus sacralis. Diese Anästhesiemethode kann ebenfalls als Einmalinjektion oder als Kathetertechnik angewandt werden. Der Nachteil der Methode besteht im langsameren Wirkungseintritt, der höheren Versagerquote (~5%) und der höheren Rate toxischer Reaktionen infolge der größeren Anästhetikamenge. Nach der Platzierung eines Katheters in den sakralen Periduralraum wird die Analgesie durch Injektion von 10–12 ml einer 0,25%igen Bupivacainlösung erzeugt. Vorteile dieses Verfahrens bestehen in der geringeren Häufigkeit von unerwünschten Durapunktionen und einer ausgeprägten perinealen Analgesie. Nachteile der Technik umfassen Schwierigkeiten bei der Reinhaltung der Sakralregion, technische Schwierigkeiten bei etwa 10% der Patienten, ausgedehnte periphere sympathische Blockade während der ersten Phase der Wehen, die Möglichkeit einer toxischen Reaktion infolge vaskulärer Absorption des Lokalanästhetikums und die versehentliche Injektion des Lokalanästhetikums in den fetalen Kopf.

Peridurale Opioidapplikation. In den letzten Jahren wurde die peridurale Injektion von Opioidderivaten im Rahmen der Geburtshilfe eingesetzt. Der Vorteil der Methode wurde in einer selektiven Analgesie gesehen, wobei eine direkte Beeinflussung der spezifischen Opioidrezeptoren in der Substantia gelatinosa im Hinterhorn des Rückenmarks erwartet wurde. Die inzwischen berichteten Ergebnisse waren nicht immer positiv. Offensichtlich war die analgetische Wirkung durch die gesteigerte Durchblutung des Periduralraums in der Schwangerschaft herabgesetzt. In der üblichen Dosierung werden jeweils 2 mg Morphinum hydrochloricum in 10 ml 0,9%iger NaCl-Lösung als Einzeldosis eingesetzt. Der Wirkungseintritt erfolgt erst nach etwa 2–5 min, die Wirkungsdauer beträgt bis 15 h. Die Methode ist derzeit noch Gegenstand von Diskussionen.

Spinalanästhesie. Die kaudale Spinalanästhesie in Form des Sattelblocks ist nur zur Geburtsbeendigung geeignet. Sie wird v. a. in den USA angewandt. Die Instillation von hyperbaren Lösungen in den Subarachnoidalraum blockiert nur die Sakralwurzeln 2–4. Nach Injektion bei L_{3/4} oder L_{4/5} muß die Patientin 1 min in sitzender Position verbleiben. Die Wirkung tritt rasch mit guter Entspannung der Beckenbodenmuskulatur ein (Abb. 11.14).

Ein Sattelblock wird unmittelbar vor der vaginalen Entbindung durch Injektion einer kleinen Dosis hyperbaren Tetracains (3–5 mg) oder Lidocains (25–30 mg) in den lumbalen Subarachnoidalraum gesetzt, wobei sich die Gebärende in sitzender Position befindet. Die sitzende Position muß 60–90 s aufrechterhalten werden, um sicherzustellen, daß nur eine perineale Analgesie erfolgt ist (das Gebiet, das mit einem Sattel in Kontakt kommt). Ein wirklicher Sattelblock wird nur selten erzeugt, am häufigsten erfolgt ein sensorischer Block bis Th₁₀, womit Schmerz durch Uteruskontraktionen ausgeschaltet wird. Technisch ist der Sattelblock leicht durchzuführen. Der wesentlichste Nachteil des Sattelblocks ist das relativ häufige Auftreten von Kopfschmerz (wahrscheinlich infolge Liquorverlusts) und Rückenschmerzen (wahrscheinlich durch Bänderspannung).

Die hohe Spinalanästhesie bis Th_{6/7} ermöglicht die Schnittentbindung. Die Wirksamkeit bei geringem Anästhesierisiko ist gut. Sie erfordert jedoch einen relativ großen Aufwand und ein langes Intervall von Anästhesie- bis Operationsbeginn (mindestens 20 min). In der Regel kommt es zum Abfall des arteriellen Blutdrucks.

Die hohe Spinalanästhesie hat den Vorteil der technischen Leichtigkeit und der hohen Erfolgsquote. Fetale Depressionen erfolgen nicht, wenn geringe Dosen verwendet werden. Nachteilig sind

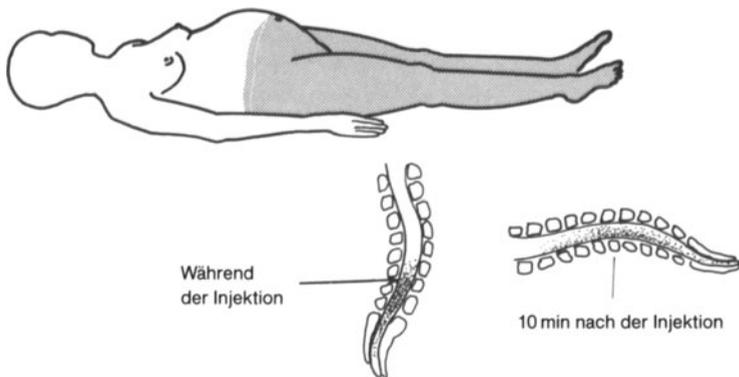


Abb. 11.14. Schematische Darstellung der Ausbreitung einer kaudalen Spinalanästhesie in Form des Sattelblocks

Tabelle 11.10. Erforderliche Mengen (mg) an Lokalanästhetikum für subarachnoidale Blockade beim Kaiserschnitt

Körpergröße (cm)	Tetracain (mg)	Lidocain (mg)
< 155	7	50
155-170	8	60
> 170	9	70

Schwierigkeiten bei der sensorischen Ausbreitung, Hypotension, Übelkeit und Erbrechen, sowie Kopfschmerz. Eine evtl. auftretende Hypotension kann wegen ihres Einflusses auf die Uterusdurchblutung gefährlich sein. Ein erstes Zeichen der Hypotension kann Übelkeit sein.

Technik: 25-g-Nadel, Tetracain oder Lidocain in Abhängigkeit von der Körpergröße der Schwangeren (Tabelle 11.10). Eine sensorische Ausbreitung bis T₄₋₆ ist für eine Sectio notwendig.

Transvaginale Leitungsanästhesien. Unter diesen Techniken finden der Parazervikalblock und die Pudendusnästhesie im Rahmen der geburtshilflichen Anästhesie breitere Anwendung. Diese Verfahren zeichnen sich durch ihre einfache Anwendung und ihre gute analgetische Wirkung aus. Die Kombination des Parazervikalblocks mit der Pudendusnästhesie ermöglicht eine weitgehend schmerzfreie Leitung aller Geburtsphasen.

Parazervikalblockade. Die Parazervikalblockade dient der Geburtserleichterung in der Eröffnungsperiode. Mit Hilfe einer Spezialkanüle (Iowa-Trompete) wird das Lokalanästhetikum beiderseits bei 4 und 8 h lateral der Zervix appliziert. Der Plexus pelvinus mit seinen Verbindungen zum N. praesacralis wird blockiert, zervikaler Dilatationsschmerz und Wehenschmerz werden ausgeschaltet. Mütterliche Hypotension tritt nicht auf, weil eine Blockade des sympathischen Nervensystems nicht erfolgt. Um toxische Reaktionen durch Bolusgabe in eine Vene zu vermeiden, muß ein Aspirationsversuch vor der Injektion erfolgen. Der Parazervikalblock stellt eine Alternative zur Periduralanästhesie dar, wenn diese kontraindiziert oder nicht durchführbar ist. Motorik und Sensorik der Beine bleiben erhalten. Beim Feten kann es 5-10 min nach Anlegen eines Blocks zu Bradykardie kommen, deren Ausdehnung in direktem Zusammenhang mit der Gesamtdosis des Lokalanästhetikums steht. Die Ursache liegt wahrscheinlich in einer herabgesetzten Uterusdurchblutung infolge Vasokonstriktion der Uterusgefäße sowie in einer direkten kardiotoxischen Wirkung des Lokalanästhetikums (Parazervikalgebiet ist hoch vaskularisiert, so daß schnelle systemische Absorption des Lokalanästhetikums möglich ist). In der Regel werden 10 ml 0,25%iges Bupivacain mit Adrenalinzusatz appliziert. Die Anästhesie wird in der Regel vom Geburtshelfer durchgeführt.

Pudendusnästhesie. Die Pudendusnästhesie eignet sich in der Austreibungsperiode für eine Episiotomie und deren Naht sowie für eine Forceps- und Vakuumentextraktion. Gegenüber dem transkutanen ist der transvaginale Weg technisch einfacher, die Versagerquote ist geringer. Dabei wird mit einer Spezialkanüle (Iowa-Trompete) das Lig. sacrospinale 0,5 cm kaudal der Spina ossis ischii durchstoßen. Nach Aspirationsversuch werden jeweils 10 ml 1%iges Mepivacain (Scandicain) injiziert. Die Wirkung beginnt nach wenigen Minuten und hält etwa 1 h an. Die Pudendusnästhesie ist jedoch nur für die Austreibungsperiode anwendbar. Schmerzausschaltung erfolgt nur im unteren Drittel der Vagina und im Damm; gegen Wehenschmerzen ist diese Methode unwirksam. Der Block verursacht keine Blockade des sympathischen Nervensystems und verzögert die Wehen nicht. Die Versagerquote liegt auch in der Hand des Geübten ziemlich hoch. Auch diese Anästhesieform wird in der Regel vom Geburtshelfer durchgeführt.

Allgemeinanästhesie. Bei den geburtshilflichen Notfallsituationen (z. B. Plazenta-*praevia*-Blutung, Nabelschnurvorfall, Sectio caesarea) ist v. a. die endotracheale Intubationsnarkose in der Lage, die für Mutter und Kind erforderliche Sicherheit zu garantieren.

Obwohl der plazentare Durchtritt der Inhalationsnarkotika schnell erfolgt, weil diese Substanzen fettlöslich sind und ein niedriges Molekulargewicht haben, sind die für die Narkoseeinleitung verwendeten Konzentrationen frei von ausgeprägten Effekten auf den Fetus, sogar bei längerer Applikation.

Präoperative Medikation. Antazida müssen mindestens 3 h vor der Narkoseeinleitung verabreicht werden; es ist daran zu denken, daß diese Substanzen im Magen ein Sediment bilden. Im Notfall kann ein flüssiges Antazidum (Natriumzitat) gegeben werden, das nach 5–10 min wirksam wird. Außerdem steht Cimetidin zur intravenösen Applikation zur Verfügung. Zur Erleichterung der Magenentleerung ist Metoclopramid geeignet. Als Anticholinergikum ist Glykopyrrolat ideal, weil es kaum durch die Plazenta tritt. Diazepam kann zur Sedierung verwendet werden.

Präoxygenierung. Da bei der Schwangeren der arterielle Sauerstoffpartialdruck infolge herabgesetzter Sauerstoffreserve vermindert ist, sinkt der P_aO_2 bei Apnoe rasch ab. Die Situation wird verschlechtert durch den um 20% gesteigerten Sauerstoffbedarf unmittelbar vor der Entbindung. Deshalb sollte eine mindestens 5 min dauernde Präoxygenierung erfolgen, um ein Äquilibrium zwischen Mutter und Fetus herzustellen.

Narkoseeinleitung. Die Einleitung der Narkose erfolgt gewöhnlich mit Thiopental (3–4 mg/kg KG) plus Succinylcholin (1 mg/kg KG) nach Vorgabe eines ndMR. Obwohl Barbiturate nach etwa 5 min zwischen fetalem Blut und venösem Blut der Mutter gleich verteilt sind, hat die Einzelgabe keinen Einfluß auf den Zustand des Neugeborenen. Die wiederholte Applikation von Barbituraten sollte jedoch vermieden werden, da sie zu einer Depression des Neugeborenen führen kann. In gleicher Weise sind Methohexital und Etomidate zur Narkoseeinleitung geeignet. Propanidid kann prinzipiell zwar verwendet werden, hat jedoch wegen des bei der Schwangeren bestehenden Mangels an Cholinesterase u. U. eine verlängerte Wirkungsdauer. Opiode sollten wegen ihrer langen Wirkungszeit nicht verabreicht werden. Auch Ketamin ist weniger gut geeignet, da es die Plazenta durchdringt und die Uterusmotilität steigert, so daß es insbesondere bei drohender Uterusruptur und bei Nabelschnurvorfall entsprechende Komplikationen verursachen kann. Lediglich in akuten Notsituationen (z. B. schwerer hämorrhagischer Schock) ist die Verwendung der Substanz in geringer Dosierung (z. B. 0,5–0,7 mg/kg KG) vertretbar, zumal in dieser Konzentration kein Einfluß auf die Uterusmotilität nachgewiesen ist.

Die endotracheale Intubation kann unter Relaxierung mit dMR (1 mg/kg KG) bei Krikoiddruck erfolgen. Auch die Vorgabe eines ndMR (d-Tubocurarin 0,5 mg/kg KG; Alcuronium 0,025 mg/kg KG; Pancuronium 0,01 mg/kg KG) ist gestattet. Zur weiteren Relaxierung sind dMR bis zur Entbindung die Mittel der Wahl. Der vagotrope Effekt des dMR sollte jedoch berücksichtigt werden, um stärkere Verminderungen des Herzvolumens infolge Bradykardie auszuschließen. Mit Ausnahme von Gallamin haben die ndMR (Imbretil, Alcuronium, Pancuronium) in klinischer Dosierung keine signifikante Wirkung auf das Neugeborene, wenngleich nach einer Bolusinjektion mit dem Übertritt geringer Mengen auch auf den Feten zu rechnen ist. Deshalb erscheint es zweckmäßig, ndMR erst nach der Abnabelung des Kindes zu applizieren.

Aufrechterhaltung der Narkose. Die Aufrechterhaltung der Narkose erfolgt vorwiegend mit N_2O und dMR bis zur Entbindung. Infolge der reduzierten FRK erreicht die N_2O -Konzentration rasch die Alveolen. N_2O wird rasch über die Plazenta transportiert. Dennoch ist die Aufnahme von N_2O im fetalen Gehirn infolge Verdünnung des Bluts aus der unteren Körperregion nur gering. N_2O erzeugt keine signifikante Uterusrelaxation. Der Nachteil der ausschließlichen N_2O -Gabe besteht in der relativen Wachheit der Schwangeren. Deshalb sollte eine geringe Dosis von Inhalationsnarkotika zugegeben werden (z. B. Halothan 0,3–0,5 Vol.-%). Diese niedrigen Konzentrationen von Inhalationsnarkotika erhöhen nicht den mittleren Blutverlust und verändern nicht die Reaktion des Uterus auf Oxytocin; sie verursachen auch keine neonatale Depression. Außerdem ist von Vorteil, daß die schmerzbedingte Sympathikusaktivität und damit die Einschränkung der Uterusdurchblutung gemindert wird. Halothan ist besonders zu empfehlen, wenn während der Entbindung eine Uterusrelaxation erforderlich ist, z. B. bei Steißlage, bei notwendiger innerer oder äußerer Wendung oder manueller Ausräumung der Plazenta. Die früher gegebene Empfehlung, Halothan nach der Entbindung wegen der Gefahr einer postpartalen Blutung nicht zu geben, kann heute nicht mehr voll aufrechterhalten werden. Bis zu einer Konzentration von 0,5 Vol.-% Halothan bzw. 1 Vol.-% Enfluran sind keine stärkeren Blutungen beobachtet worden. Selbstverständlich kann nach der Abnabelung des Kindes auch jedes andere Narkotikum, z. B. auch Fentanyl, verabreicht werden.

Die Narkoseventilation sollte die besondere Stoffwechselsituation der Schwangeren berücksichtigen, Hyperventilation sollte jedoch vermieden werden. Nach der Entbindung kann die Anästhesie mit zusätzlichen Inhalationsnarkotika oder intravenösen Narkotika weitergeführt werden. Vor Beendigung der Narkose sollte eine Magensonde gelegt werden, um Magensaft abzusaugen. Die Extubation erfolgt erst beim Vorhandensein von Larynxreflexen.

Sedierungsbehandlung. Die Verabreichung von Analgetika, Spasmolytika, Psychopharmaka oder einer Inhalationsanalgesie muß sich am aktuellen und prospektiven Geburtsvorgang orientieren. Wegen der möglichen Atemdepression beim Neugeborenen sollten diese Substanzen nicht innerhalb von 2 h vor dem erwarteten Geburtstermin appliziert werden.

Opiode. Unter den Opioiden kommt Pethidin (0,5 mg/kg KG) noch zeitweilig zum Einsatz. Eine Gesamtdosis von 1,5–2 mg/kg KG sollte jedoch nicht überschritten werden. Opiode passieren die Plazenta schnell, sie können die fetale Herzfrequenz reduzieren. Restmengen von Opioiden können die neonatale Ventilation und das Verhalten des Neugeborenen beeinflussen. Die negativen Eigenschaften der Opiode beim Neugeborenen sind am auffälligsten, wenn die Substanzen 2–4 h vor der Entbindung an die Mutter verabreicht wurden, am geringsten innerhalb von 1 h oder > 4 h vorher. Wenn eine opioidbedingte Depression des Neugeborenen erwartet werden muß, sollte die Mutter 10–15 min vor der Entbindung einen Opioidantagonisten (z. B. Naloxon) erhalten.

Spasmolytika. Spasmolytika mit direktem Angriff an der glatten Muskulatur oder in Kombination mit Analgetika (z. B. N-Butylscopolaminbromid (Buscopan compositum) oder Propyphenazon (Spasmo-Cibalgin) besitzen in der Geburtshilfe heute nur noch eine geringe Bedeutung.

Psychopharmaka. Tranquilizer (z. B. Diazepam) und Neuroleptika (z. B. Triflupromazin) sind in der Geburtshilfe weit verbreitet. Auch diese Substanzen können jedoch mit Risiken für das Kind verbunden sein, v. a. wegen ihrer relativ langen Halbwertszeit.

Diazepam passiert die Plazenta schnell. Wenn die mütterliche Dosis 0,4 mg/kg KG überschreitet, kommt es zur fetalen Hypotonie, Hypothermie und zur verminderten Nahrungsaufnahme. Kleine Dosen von Diazepam (0,1–0,15 mg/kg KG) intravenös verabreicht sind zur Sedierung jedoch gut geeignet.

Ketamin. Ketamin passiert die Plazenta vollkommen; aber es verursacht in geringer Dosierung keine neonatale Depression. Die intermittierende intravenöse Gabe von Ketamin (0,5 mg/kg KG) ist zur Erzielung von Analgesie ohne Bewußtseinsverlust möglich. Die Gesamtmenge sollte 3 mg/kg KG nicht überschreiten, mehr als 1,5 mg/kg KG sollte in 30 min nicht verabreicht werden. Es muß berücksichtigt werden, daß unerwünschte psychische Reaktionen auch nach niedrigen Dosierungen auftreten können.

Inhalationsanalgesie. Während des Geburtsvorgangs ist auch die Lachgas-Sauerstoff-Inhalation als eine bewährte Methode zu bezeichnen.

11.14.6 Spezielle Probleme bei Entbindungen

Im Rahmen der geburtshilflichen Anästhesie obliegt dem Anästhesisten die Aufgabe, präoperativ die Ausbildung eines Mendelson-Syndroms zu verhüten und nach Abnabelung des Kindes den Uterustonos medikamentös zu steigern. Weitere Besonderheiten ergeben sich bei Mehrlingsschwangerschaften, bei Steißlage, der Neugeborenenreanimation, bei der sog. Schwangerschaftstoxikose und bei Schwangeren mit Herzkrankheiten.

11.14.6.1 Mendelson-Syndrom

Die Aspiration sauren Magensafts ist infolge der verzögerten Magen-Darm-Entleerung und der häufig akuten Notfallsituation in der Schwangerschaft eine oft beobachtete Komplikation der Narkoseeinleitung im Rahmen der Geburtshilfe. Sobald die Wehen eingesetzt haben, kann es bis zu 16 h dauern, ehe sich der Magen entleert. Die als Mendelson-Syndrom bezeichnete Folge der Aspiration von Magensaft ist die häufigste Ursache der Müttersterblichkeit nach Entbindung. Dabei können feste Nahrungsbestandteile zur totalen oder partiellen Atemwegsobstruktion führen oder flüssiger Mageninhalt mit einem pH-Wert $< 2,5$ eine zunehmende Destruktion des Alveolargewebes verursachen. Die progrediente Ateminsuffizienz als Folge einer Aspiration im Rahmen der Geburtshilfe wurde von dem Gynäkologen Mendelson [347] erstmals beschrieben. Zur Prophylaxe des Mendelson-Syndroms empfiehlt sich neben der Gabe von Antazida die Magenausheberung und der Krikoiddruck (s. 6.9.5.1).

11.14.6.2 Uterustonisierung

Das Hypophysenhinterlappenhormon (HHL) bewirkt eine Kontraktion der glatten Muskulatur des Uterus.

Die Oxytocinmedikation ist in der Geburtshilfe zur Wehensteigerung vor der Entbindung und zur Uteruskontraktion bei Blutungen nach der Geburt eine klinische Routinemaßnahme. In der Regel werden Uterotonika nach Abnabelung des Kindes in einer Dosierung von 3 E i. v., gefolgt von einer Dauertropfinfusion von 30 E appliziert. Geeignete HHL-Präparate sind Orasthin, Oxytocin und Syntocinon. Die Dosierung ist für alle Präparate gleich (z. B. Wehensteigerung = 1 E i. m., Uteruskontraktion = 3 E i. v.). Neben der Wirkung am Myometrium besitzen diese Substanzen auch einen Effekt am kardiovaskulären System, wobei systemische Vasopressoren in ihrer Wirkung verstärkt werden, so daß ausgeprägte Hypertensionen und Tachykardien auftreten können. In Einzelfällen kann es nach Oxytocingabe zu schweren Hypotensionen kommen. Bei Hypertonie ist die Oxytocinapplikation kontraindiziert [77, 545].

11.14.6.3 Mehrlingsschwangerschaft

Die Häufigkeit von Zwillingsschwangerschaften beträgt etwa 1:90. Präeklampsie, Eklampsie, Anämie, Frühgeburt, Steißlage und Blutungen treten bei Mehrlingsschwangerschaften häufiger auf als bei einfachem Geburtsverlauf. Ungefähr 60% der Zwillinge sind Frühgeburten. Die Häufigkeit aortokavaler Kompression ist durch den größeren Uterus erhöht. Ebenso sind die Blutverluste bei der Entbindung gesteigert. In der Regel ist der zweite Zwilling durch fetale Hypoxämie und Azidose stärker deprimiert. Der Wehenverlauf ist deutlich verlängert.

Es gibt kein bevorzugtes Anästhesieverfahren für Mehrlingsschwangerschaften. Sowohl Regional- als auch Allgemeinanästhesieverfahren können verwendet werden. Die Pudendusnästhesie bewirkt zwar nur eine minimale Depression des Feten, die mütterliche Analgesie ist jedoch inkomplett; außerdem fehlt die perineale Relaxation. Die lumbale PDA sichert eine gute Analgesie und vermeidet die Depression durch Narkotika. Bei erforderlicher innerer Wendung wird in der Regel eine Allgemeinanästhesie notwendig, so daß bei bekannter Mehrlingsschwangerschaft schon primär dieses Verfahren eingesetzt werden sollte [303].

Ausreichende Volumensubstitution und linke Uterusposition sind wichtig zur Vermeidung einer aortokavalen Kompression. Die Mortalitätsraten sollen bei Regionalanästhesien geringer sein als bei Allgemeinanästhesien.

11.14.6.4 Steißlage

Eine Steißlage findet sich bei 3,5% der Schwangerschaften. Die Ursachen der Steißlage sind nicht bekannt, jedoch scheint es gewisse Bedingungen für ihre Entstehung zu geben (z. B. Placenta praevia, Uterusanomalie, Mehrfachschwangerschaften). Steißlagenentbindungen haben eine erhöhte Rate von Zervixverletzungen, Plazentaretentionen, Blutungskomplikationen und mütterlicher Sterblichkeit. Die Neugeborenen erleiden häufig Hypoxieschäden.

Die Steißlage des Kindes erfordert eine gute Muskelentspannung der Schwangeren. Sowohl Regionalanästhesieverfahren als auch die Methoden der Allgemeinanästhesie können diese Voraussetzungen erfüllen. Ist eine Allgemeinanästhesie vorgesehen, sollte die Narkoseeinleitung erst beginnen, wenn das Gesäß des Kindes sichtbar wird. Die verspätete Einleitung ist erforderlich, um Risiken, die sich aus einer Nabelschnureinklemmung ergeben könnten, so gering wie möglich zu halten. Der muskelrelaxierende Effekt des Halothans wird bei dieser kindlichen Lage besonders hervorgehoben. In der Regel erfolgt die Entbindung durch Kaiserschnitt. Bei vaginaler Entbindung muß die Schwangere fähig sein, den Feten auszutreiben, bis der Nabel sichtbar ist. Analgesie durch intravenöse Medikation, Pudendusblock sowie lumbale PDA mit 0,25%igem Bupivacain (maximale perineale Relaxation, Pressen durch Schwangere bleibt erhalten) können verwendet werden.

11.14.6.5 Schwangerschaft bei Frauen mit Herzerkrankungen

Etwa 1–2% der schwangeren Frauen leiden an Herzerkrankungen. Unter den Krankheitszeichen sind während der Schwangerschaft jedoch nur Hepatomegalie und Jugularvenenstauung typisch für Herzerkrankungen, andere Symptome (z. B. Dyspnoe, Unterschenkelödem) finden sich fast bei jeder Schwangerschaft.

Schwangerschaft und Wehen führen zu Veränderungen des kardiovaskulären Systems, die bei bestehenden Einschränkungen der Hämodynamik deletäre Folgen haben können. Die Erkennung und Behandlung dieser Nebenerkrankungen hat deshalb eine große Bedeutung für den Schwangerschaftsverlauf und die störungsfreie Durchführung von Anästhesien. Insbesondere Schwangere mit pulmonaler Hypertension, Rechts-links-Shunt und Coarctatio der Aorta erfordern besondere Aufmerksamkeit.

Mitralstenose. Die Mitralstenose ist die häufigste Herzerkrankung in der Schwangerschaft. Sie gefährdet die Schwangere v. a. durch Lungenödem, Vorhofflimmern und paroxysmale Vorhoftachykardie. Als Anästhesieverfahren ist eine kontinuierliche PDA gut geeignet, weil sie die schmerzbedingten Wirkungen auf die HF und das HZV im wesentlichen ausschließt. Bei Durchführung einer Allgemeinanästhesie ist darauf zu achten, daß Tachykardie und pulmonale Hypertension (Hypoxie, Hypoventilation) vermieden werden.

Mitralinsuffizienz. Die Mitralinsuffizienz ist die zweithäufigste Herzerkrankung in der Schwangerschaft. Im Gegensatz zur Mitralstenose tolerieren diese Patienten die Schwangerschaft gut. Als Schmerzausschaltungsverfahren bei der Entbindung ist die kontinuierliche PDA gut geeignet, weil sie eine durch Schmerz verursachte periphere Vasokonstriktion weitgehend vermeidet und damit die Herzarbeit nicht erhöht. Das Füllungsvolumen des linken Ventrikels muß jedoch durch eine ausreichende Volumentherapie gesichert sein.

Aorteninsuffizienz. Komplikationen der Aorteninsuffizienz entstehen ebenso wie bei der Mitralinsuffizienz gewöhnlich erst nach der Entbindung. Der Abfall des peripheren Widerstands und der Anstieg der HF kann den venösen Rückfluß reduzieren. Schmerzbedingte Vasokonstriktion kann zudem das Auswurfvolumen aus dem linken Ventrikel vermindern. Auch bei dieser Herzerkrankung ist die kontinuierliche PDA zur Schmerzausschaltung bei der vaginalen Entbindung zu empfehlen; beim Kaiserschnitt ist die Allgemeinanästhesie ein geeignetes Anästhesieverfahren.

Aortenstenose. Die Aortenstenose wird bei Schwangeren außerordentlich selten beobachtet. Gefahren entstehen, wenn bei dem geringen Schlagvolumen der periphere Widerstand stärker vermindert wird und die Steigerung der HF nicht ausreicht, ein adäquates HZV zu garantieren. Bei der vaginalen Entbindung sind Sedierungsbehandlung und Pudendusblock, beim Kaiserschnitt die Allgemeinanästhesie zu empfehlen.

Fallot-Tetralogie. Die Schwangerschaft erhöht bei dieser Herzerkrankung die Komplikationsrate und die Mortalität. Schmerz kann den pulmonalen Widerstand erhöhen und zu einem Anstieg des Rechts-links-Shunts führen. Auch der bei Schwangeren übliche Abfall des TPR erhöht den Rechts-links-Shunt. Die größere Gefahr besteht unmittelbar nach der Entbindung, wenn der TPR am geringsten ist. Für vaginale Entbindungen sind Sedierungsbehandlung und Pudendusblock zu empfehlen, für Kaiserschnitt die Allgemeinanästhesie. Invasives Monitoring sollte durchgeführt werden.

Primäre pulmonale Hypertension. Bei der pulmonalen Hypertension beträgt die mütterliche Sterblichkeit > 50%. Vor allem während der Wehen und unmittelbar nach der Entbindung sind die Schwangeren gefährdet. Wesentlich für die Durchführung einer Anästhesie ist eine gute Analgesie; invasives Monitoring ist anzuraten.

Einwirkung herzwirksamer Pharmaka auf den Feten. Lidocain, Propranolol und Digoxin überqueren die Plazenta rasch. Mütterliche Lidocain Spiegel > 5 µg/ml sind verbunden mit neonataler Depression. Propranolol kann fetale Bradykardie und Hypoglykämie bewirken. Die Halbwertszeit von Digoxin ist im Feten wahrscheinlich verlängert. Die Kardioversion, z. B. bei paroxysmaler Vorhoftachykardie, hat keine Nebenwirkungen auf den Feten.

11.14.6.6 Schwangerschaft bei Frauen mit Diabetes

Etwa 3% aller Schwangerschaften werden durch einen Diabetes mellitus kompliziert. Dabei handelt es sich um eine chronisch metabolische Störung, gekennzeichnet durch Hyperglykämie, Glukosurie, verstärkten Eiweißabbau und Ketoazidose. Die langfristigen degenerativen vaskulären Veränderungen manifestieren sich als proliferative Retinopathie und glomeruläre Nephropathie. In der ersten Schwangerschaftshälfte kann die Glukosetoleranz sogar erhöht sein (wahrscheinlich infolge einer vermehrten fetalen Glukoseutilisation und eines veränderten Insulinbedarfs). Klinisch zeigt sich dies in einer erhöhten Neigung zu hypoglykämischen Reaktionen.

Später nimmt die Glukosetoleranz ab, es entwickelt sich ein erhöhter Insulinbedarf und eine Neigung zu Ketoazidose. Ursache für diese Veränderungen ist der diabetogene Effekt bestimmter Plazentahormone wie Human-Placental-Lactogen (HPL), Östrogenen und Progesteron. Dieser hormonelle Einfluß überwiegt die dem maternofetalen Glukosetransfer anzulastenden Effekte. Nach der Geburt nehmen HPL, Östrogen und Progesteronspiegel rasch ab. Daraus resultiert ein verminderter Insulinbedarf. Oft liegt er sogar unter dem der Vorschwangerschaftszeit. Die Führung einer diabetischen Gravidität sollte immer in den Händen eines Teams liegen, dem Internist, Geburtshelfer, Pädiater und Anästhesist angehören. Die diabetische Schwangere hat eine erhöhte Frühgeburtenrate. Das Ziel der Behandlung besteht darin, die Schwangerschaft bis in die Nähe des errechneten Geburtstermins aufrechtzuerhalten, damit eine ausreichende Lungenreife des Feten erzielt wird.

Sowohl die vaginale Entbindung wie auch der Kaiserschnitt sollten vorzugsweise in Regionalanästhesie durchgeführt werden; die Sectiofrequenz bei diabetischen Schwangeren liegt zwischen 40–50%. Wird eine Allgemeinanästhesie durchgeführt, so sollte die Einleitungs-dosis auf 4 mg/kg KG Thiopental beschränkt und Lachgas nicht länger als 20 min in einer Konzentration bis zu 50% verwendet werden. Die Zeit zwischen Einleitung und Entbindung (induction-delivery interval) und die Zeit zwischen uteriner Inzision und Entbindung (uterine incision-delivery interval) sollte möglichst kurz sein.

Eine aortokavale Kompression ist unter allen Umständen durch Linksverlagerung des Uterus zu vermeiden. Jeder Blutdruckabfall der Mutter muß unverzüglich durch Volumensubstitution, Sauerstoffzufuhr und 10–20 mg Ephedrin i.v. korrigiert werden. Außer bei einer mütterlichen Hypoglykämie sollten keine Glukoseinfusionen verwendet werden. All diesen Maßnahmen muß eine engmaschige Kontrolle des mütterlichen Blutzuckerspiegels vorangehen, um das Risiko einer fetalen Azidose, die Häufigkeit eines ARDS, einer Makrosomie, eines intrauterinen Fruchttodes, eines Hydramnions und postpartaler Hypoglykämien möglichst niedrig zu halten.

11.14.6.7 Schwangerschaft und Myasthenia gravis

Der Verlauf der Myasthenia gravis ist während einer Schwangerschaft nicht voraussehbar. Während des 1. Trimenons und unmittelbar nach der Entbindung ist mit einer Verschlechterung der Myasthenia gravis zu rechnen. Die Anticholinesterasethe-

rapie sollte auch während der Schwangerschaft weitergeführt werden. Theoretisch können diese Medikamente zwar die Uteruskontraktionen steigern, eine erhöhte Häufigkeit von Spontanaborten ist jedoch nicht beobachtet worden. Nach Möglichkeit sollten Regionalanästhesieverfahren zur Schmerzausschaltung bei der Entbindung verwendet werden.

11.14.6.8 Blutungen in der Schwangerschaft

Placenta praevia und Plazentaablösungen sind die häufigsten Ursachen für Blutungen in der Schwangerschaft. Darüber hinaus kann es in seltenen Fällen zu Blutungen infolge Uterusruptur und zu postpartalen Blutungen kommen.

Placenta praevia. Das Leitsymptom der Placenta praevia ist die schmerzlose vaginale Blutung, die gewöhnlich in der 32. Woche auftritt. Wenn die Blutung anhält, ist eine sorgfältige Untersuchung in Op-Bereitschaft erforderlich. Muß wegen stärkerer Blutung ein Kaiserschnitt erfolgen, eignet sich Ketamin zur Narkoseeinleitung.

Plazentaablösung. Nach der 20. Schwangerschaftswoche kann es zu mehr oder weniger starken Blutverlusten infolge Plazentaablösung kommen. Wenn ein Kaiserschnitt notwendig wird, erscheint auch hier die Durchführung einer Allgemeinanästhesie unter Verwendung von Ketamin geeignet.

Uterusruptur. Infolge Einriß einer vorbestehenden Uterusnarbe oder starker Oxytocinstimulierung kann es zur Uterusruptur kommen. Allgemeinanästhesie ist das geeignete Schmerzausschaltungsverfahren zur Durchführung der operativen Maßnahmen.

Plazentaretention. In 1% aller vaginalen Entbindungen kann die Plazenta im Uterus verbleiben. Die Ausräumung der Plazenta sollte in Allgemeinanästhesie erfolgen, wenn nicht eine für die Entbindung bereits bestehende Regionalanästhesie noch wirksam ist. Wenn eine Uterusrelaxation erforderlich ist, sollte eine endotracheale Intubation durchgeführt werden. Ketamin ist in diesen Fällen nicht zur Durchführung der Narkose geeignet.

Uterusatonie. Die Uterusatonie ist eine häufige Ursache schwerer postpartaler Blutungen (Blutverluste von > 200 ml in 5 min sind möglich). Die Therapie besteht in der intravenösen Gabe von Oxytocin, u. U. ist eine Hysterektomie erforderlich.

11.14.6.9 Fruchtwasserembolie

Der Eintritt von Fruchtwasser in die pulmonale Zirkulation führt zur pulmonalen Gefäßobstruktion mit konsekutiver Reduzierung des HZV, pulmonaler Hypertension und schwerer arterieller Hypoxämie. Es gibt keine spezifische Therapie der Fruchtwasserembolie mit Ausnahme der kardiopulmonalen Reanimation und Infusionstherapie. Die Mortalität liegt bei > 80%. Die Diagnose wird bestätigt durch Aspiration von Fruchtwasser aus einem zentralvenösen Katheter. Differentialdiagnostisch sind Aspiration von Mageninhalt (Bronchospasmus), Lungenembolie (Thoraxschmerz), Luftembolie und Reaktionen auf Lokalanästhetika auszuschließen.

11.14.6.10 Eklampsie

Bei der Eklampsie handelt es sich um ein Syndrom, das nach der 20. Schwangerschaftswoche auftritt und mit Hypertonie, Ödem und Proteinurie einhergeht. Man unterscheidet das Stadium der Präeklampsie vom Stadium der Eklampsie. Die Symptome der Präeklampsie lassen gewöhnlich innerhalb von 48 h nach der Entbindung nach. Blutdruckwerte von $> 140/90$ mit Harnstickstoffverlusten von > 2 g/Tag gelten als ausreichende diagnostische Zeichen, bei schweren Verlaufsformen finden sich Blutdruckwerte von $> 160/110$ und Harnstickstoffverluste von > 5 g/Tag. Von einer Eklampsie spricht man, wenn sich neben den Symptomen der Präeklampsie zusätzlich Krampfstände ausbilden.

Die auslösende Ursache ist nicht restlos geklärt. Ein möglicher Mechanismus könnte auf einer Antigen-Antikörper-Reaktion zwischen fetalem und mütterlichem Gewebe beruhen, wodurch eine Vaskulitis ausgelöst wird. Die Vaskulitis bewirkt Gewebshypoxie und verursacht die Freisetzung vasoaktiver Substanzen. Nahezu alle Organe werden von diesen Veränderungen betroffen. Das Herz-Kreislauf-System zeigt eine besondere Empfindlichkeit gegen Katecholamine, die v. a. zu schweren Vasokonstriktionen führt. Der erhöhte Afterload kann zum Linksherzversagen und zum Lungenödem führen.

Die Atmung wird durch Ansammlung von Lungenwasser durch den verminderten KOD gestört; ein Abfall des p_aO_2 ist nachweisbar.

Das ZNS ist durch den erhöhten intrazerebralen Flüssigkeitsgehalt hyperirritabel. Dies erklärt das Auftreten von Anfällen in Form von Grand-mal-Anfällen, die zum Koma führen können.

Leber- und Nierenfunktion sind deutlich gestört, das intravaskuläre Flüssigkeitsvolumen ist vermindert, der Hkt erhöht. Die Blutgerinnung zeigt Störungen in Form von DIC, Fibrinolyseprodukten und Thrombozytopenie. Die uteroplazentare Durchblutung ist gestört, so daß es zu einer hohen Frühgeburtenrate kommt. Die Neugeborenen sind überwiegend Frühgeborene und untergewichtige Kinder, die empfindlich auf Medikamente reagieren und häufig Mekoniumaspirationen zeigen. Der Anästhesist wird mit dem Krankheitsbild im Rahmen der drohenden oder manifesten Eklampsie konfrontiert. Im Vordergrund aller therapeutischen Maßnahmen muß die Verhinderung einer manifesten Eklampsie stehen. Deshalb sind Hospitalisierung, Bettruhe, antihypertensive Therapie, Ödemausschwemmung und Normalisierung des Wasser-, Elektrolyt- und Säure-Basen-Haushalts besonders angezeigt. Bei der manifesten Eklampsie müssen die Konvulsionen medikamentös durchbrochen werden (z. B. Diazepam, Thiopental, Mg-Lösungen, Muskelrelaxanzien). Die definitive Therapie erfordert die Entbindung von Fetus und Plazenta. Bis dahin sind Diuretika, Digitalis, osmotische Diuretika, Bettruhe in linker Seitenlage und Antihypertensiva indiziert. Unter den Antihypertensiva werden v. a. Hydralazin (schnellwirkend, erhöht HZV und Nierendurchblutung) und α -Methyldopa (langsamere Wirkung, Leberfunktionsstörung beachten) verwendet. Auch Trimetaphan kommt beim akuten Anfall zum Einsatz; NNP sollte wegen möglicher Zyanidintoxikation des Feten nicht verwendet werden.

Bei vaginaler Entbindung ist die kontinuierliche PDA eine geeignete Anästhesiemethode. Adäquate Infusionstherapie unter Kontrolle des ZVD ist anzuraten. Des Weiteren sollte eine Kontrolle der Blutgerinnung erfolgen. Nach Möglichkeit ist auf

Tabelle 11.11. Apgar-Schema zur Beurteilung von Neugeborenen

Definition	Kriterium	Punkte
A (Aussehen)	Rosiges Kind	2
	Kind mit Akrozyanose	1
	Zyanotisches Kind	0
P (Puls)	> 100/min	2
	< 100/min	1
	Pulslosigkeit	0
G (Grimmassieren)	Ausgeprägte Reaktion	2
	Schwache Reaktion	1
	Keine Reaktion	0
A (Aktivität)	Guter Muskeltonus	2
	Schwacher Muskeltonus	1
	Fehlender Muskeltonus	0
R (Respiration)	Normale Atmung	2
	Irreguläre Atmung	1
	Fehlende Atmung	0

die Applikation von Katecholaminen zu verzichten. Beim Kaiserschnitt ist die Allgemeinanästhesie das geeignetere Verfahren. Auch hierbei ist auf adäquate Infusionstherapie zu achten. Das Monitoring sollte invasiv erfolgen. Die Einleitung der Narkose entspricht den üblichen Regeln (Thiopental, dMR, Krikoiddruck, Intubation). Blutdruckspitzen sollten vermieden werden. Zur Aufrechterhaltung der Narkose sind Inhalationsnarkotika gut geeignet, zumal sie eine entsprechende Steuerung der Narkose erlauben.

11.14.6.11 Neugeborenenreanimation

Moderne Überwachungsverfahren (z. B. Registrierung der kindlichen Herzöne) geben heute oft schon vor dem Beginn der Entbindung Hinweise, ob Reanimationsmaßnahmen erforderlich werden. Jeder Hinweis auf eine sog. Risikogeburt sollte Anlaß zur Anforderung zusätzlicher Hilfspersonen sein. Der Zustand des Neugeborenen wird 1 min und 5 min nach der Entbindung anhand der Apgar-Skala (Virginia Apgar = amerik. Anästhesistin) beurteilt (Tabelle 11.11) [23]. Kinder mit mehr als 7 Punkten nach 1 min (guter Allgemeinzustand) benötigen keine spezifische Therapie. Bei Kindern mit 4–6 Punkten (reduzierter Allgemeinzustand) ist sorgfältige Überwachung erforderlich. Kinder mit 3 oder weniger Punkten (stark reduzierter Allgemeinzustand) benötigen intensive Wiederbelebungsmaßnahmen [502, 555].

Von den 5 Kriterien sind die HF und die Qualität der Atmung die wichtigsten; die Hautfarbe ist am wenigsten aussagekräftig.

Der Apgar-Score korreliert gut mit Messungen des SBH, die unmittelbar nach der Geburt durchgeführt werden. Apgar > 7 zeigt entweder normale Kinder oder solche mit leichter respiratorischer Azidose, Apgar von < 3 zeigt in der Regel Kinder mit kombinierter metabolisch-respiratorischer Azidose. Bei diesen Kindern sind fast immer Intubation, Beatmung und Herzmassage erforderlich.

Neben dem Apgar-Score werden auch das Zeitintervall von der Entbindung bis zum Einsetzen ausreichender Atmung und die Überprüfung der Funktion des ZNS zur Beurteilung des Neugeborenen verwendet.

Ein Zeitintervall von >90 s zeigt ein deprimiertes Neugeborenes; dieser Wert korreliert mit einem Apgar von <6 .

Funktionsprüfungen des ZNS umfassen Kontrolle von Wachzustand, Reflexantwort, Muskeltonus, Geräuschantwort. Verzögerte Antworten sind geeignet, medikamentöse Depressionen beim Neugeborenen zu erkennen. Die Tests sollten wiederholt durchgeführt werden.

Eine Anzahl von Laboruntersuchungen kann durchgeführt werden, um die Reife des Feten festzustellen. Diese Untersuchungen umfassen Messungen der mütterlichen Oestriol-Ausscheidung im Harn (Abnahme = Störung des Reifeprozesses), die Analyse der Amnionflüssigkeit auf Sphingomyelin und Lecithin (Verhältnis Lecithin = Sphingomyelin von 2:3,5 = normale Lungenreife) und durch Bestimmung der Serumkonzentration von Laktogen. Darüber hinaus kann durch Ultraschalluntersuchungen der fetale biparietale Durchmesser bestimmt werden.

Mekoniumaspiration. Mekonium ist das Abbauprodukt verschluckter Amnionflüssigkeit, gastrointestinaler Zellen und anderer Sekrete. Die Mekoniumaspiration tritt selten vor der 34. Schwangerschaftswoche auf; wenn die Geburt innerhalb von 24 h nach der Aspiration erfolgt, befindet sich das Mekonium noch in den Atemwegen der Lunge. Die Behandlung der Mekoniumaspiration besteht in Intubation und Absaugung (am besten mit dem Mund des Helfers). Danach ist der Tubus durch einen neuen zu ersetzen und das Vorgehen solange zu wiederholen, bis der Tubus kein Mekonium mehr enthält.

Choanalatresie, Choanalstenose. Choanalobstruktionen müssen bei allen Neugeborenen erwartet werden, die gute Atembewegungen zeigen, aber nur bei Mundatmung ausreichend ventilieren. Bei geschlossenem Mund kommt es zur Zyanose. Die Diagnose wird gesichert durch den vergeblichen Versuch, einen Katheter durch den Nasengang zu führen. Bis zur Korrekturoperation ist eine endotracheale Intubation erforderlich.

Praxis der Neugeborenenreanimation. Zur Neugeborenenreanimation müssen alle Geräte für die kardiopulmonale Wiederbelebung, insbesondere Absaugapparaturen, Sauerstoff, Masken, Laryngoskop und Endotrachealkatheter funktionsbereit verfügbar sein. Darüber hinaus sind alle im Rahmen der Reanimation erforderlichen Pharmaka, insbesondere Atropin, Narcanti-Neonatal, Epinephrin, Ca-Glukonat 10% und NaHCO_3 4,2%, vorrätig zu halten. Empfehlenswert ist die Bereithaltung von zwei vollständigen Wiederbelebungssets, da stets mit der Möglichkeit einer Zwillinggeburt zu rechnen ist.

Die Neugeborenenreanimation beginnt mit dem Freimachen der Atemwege. Dazu eignen sich v. a. sterile Einmalmundabsauggeräte, die einen traumatisierenden Sog in der Regel nicht zulassen. Da Neugeborene vorwiegend Nasenatmer sind, ist die Absaugung der Nase besonders wichtig. Stellt sich keine ausreichende Spontanatmung ein, ist die unmittelbare künstliche Beatmung mit Hilfe eines Atembeutels und einer Maske angezeigt. Benutzt werden vorwiegend der Ambubeutel für Babies und Masken nach Rendell-Baker mit geringem Totraum. Dabei werden Masken der Größe 0 für Terminkinder und Frühgeborene und solche der Größe 1 für größere Kinder verwendet. Als Kriterium einer ausreichenden künstlichen Beatmung dient die Hebung des Thorax. Das Atemluftgemisch sollte über den Anschlußstutzen des Beatmungsbeutels ausreichend mit Sauerstoff angereichert werden. Die endotracheale Intubation ist erforderlich, wenn das Neugeborene über längere Zeit künstlich beatmet werden muß oder wenn wiederholte endotracheale Absaugungen erforderlich sind. Unter den Endotrachealtuben sind jene mit einem Innendurchmesser von 2,5–3,5 mm am besten geeignet. Auf atraumatische Intubation ist besonderer Wert zu legen (Ödemgefahr).

Bei der Beatmung sollte beachtet werden, daß für eine optimale Entfaltung der Neugeborenenlunge ein Druck von 25 cm H_2O über 10–15 s gehalten werden muß. Dabei sollte sich der Thorax leicht heben. Vorteil dieser Beatmungsform ist, daß die Lunge mit dem ersten Atemzug gedehnt

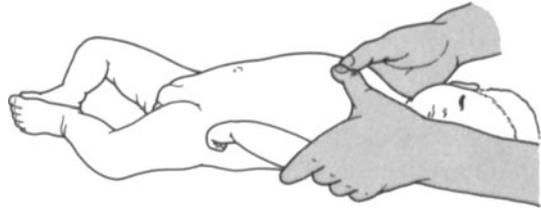


Abb. 11.15. Unterschiedliche Möglichkeiten der Durchführung einer Herzmassage bei Neugeborenen, z. B. mit beiden Daumen (*oben*) oder mit zwei Fingern (*unten*)

wird, so daß eine pulmonale Mehrdurchblutung einsetzt. Ist die Entfaltung der Lunge erfolgt, wird mit kleineren Beatmungsvolumina und einer Frequenz von etwa 60/min beatmet. Als Druckgrenze sind etwa 20 cm H₂O anzustreben. Der Beatmungseffekt kann bei dieser Notfallmaßnahme letztendlich nur optisch an den Exkursionen des Thorax kontrolliert werden. Nach längerdauernder Beatmung über Maske muß anschließend unbedingt der Magen entlüftet werden. Eine evtl. Atemdepression durch Opiode erfordert die Gabe entsprechender Antagonisten (z. B. Narcanti-Neonatal 0,01 mg/kg KG). Bradykardien werden mit Atropin (0,02 mg/kg KG) behandelt, Asystolien erfordern den sofortigen Beginn der Herzmassage (Abb. 11.15) und die Gabe von Epinephrin (0,1 ml der 1:10000-Lösung). Zur Infusionstherapie eignen sich 5%ige Albumin-, Ringerlaktat- oder 10%ige Glukoselösung (ca. 10 ml/kg KG). Die Reanimation sollte unter Wärmeeinstrahlung erfolgen.

Azidosetherapie. Jedes Neugeborene wird mit einer leichten metabolischen und respiratorischen Azidose geboren. Die Azidose hat ihren Tiefpunkt nach etwa 4 min erreicht und wird bei gesunden Kindern nach etwa 1 h ohne Therapie kompensiert.

Bei Frühgeborenen und Kindern mit niedrigen Apgar-Werten wird durch die Azidose die Lungendurchblutung und die Bildung von Surfactant erheblich reduziert, so daß eine sofortige Azidosebehandlung notwendig wird. Bis zum Vorliegen der ersten Blutgasanalyse kann eine sog. Blindpufferung nach einem wahrscheinlichen Basendefizit von 5–10 mmol/l durch die Nabelvene erfolgen. Der Katheter darf nicht mehr als 2 cm tief in die Umbilikalvene eingeführt werden, um die Kanülierung eines größeren Lebergefäßes zu vermeiden.

11.15 Kinderchirurgie

Ebenso wie in anderen Fachbereichen nimmt auch die Anästhesie im kindlichen Lebensalter eine Sonderstellung ein. Dies ergibt sich aus den speziellen anatomischen und physiologischen Verhältnissen des Kindesalters sowie aus der veränderten Reaktion auf Medikamente. Das kindliche Lebensalter wird in 4 Abschnitte ge-

gliedert: Neugeborene (1. Lebensmonat), Säuglinge (1. Lebensjahr), Kleinkinder (Vorschulalter) und Kindesalter (Schulalter bis zum 12. Lebensjahr). Jede dieser Entwicklungsstufen zeigt ihre Besonderheiten, die dem Anästhesisten bekannt sein müssen. Deshalb erfordert die Anästhesie bei Kindern besonders gute Grundlagenkenntnisse in der Physiologie und Pharmakologie sowie ausreichende praktische Erfahrungen in der Technik der Anästhesiologie. Nur Ärzte in fortgeschrittenem Ausbildungsstand sollten mit der Anästhesie von Kleinkindern und Säuglingen betraut werden [83, 97, 105, 210, 226, 381, 408, 484].

11.15.1 Operationsvorbereitung

Für die Vorbereitung eines Kindes auf Anästhesie und Operation müssen die anatomischen und physiologischen Besonderheiten dieser Altersgruppe ebenso berücksichtigt werden, wie die veränderte Reaktion des kindlichen Organismus auf Pharmaka. Im übrigen unterliegen Voruntersuchung und medikamentöse Vorbereitung den gleichen Kriterien wie bei Erwachsenen.

11.15.1.1 Anatomische Voraussetzungen

Der Kopf des Neugeborenen ist im Verhältnis zu seiner Körperlänge relativ groß, während die Halsmuskulatur noch schwach entwickelt ist. Daraus wächst die Notwendigkeit, den kindlichen Kopf sorgfältig zu lagern und zu stützen. Da Zunge und Epiglottis relativ groß sind und der Kehlkopf kranial liegt, sind Intubationsschwierigkeiten häufiger als beim Erwachsenen. Die oberen Luftwege des Kindes (Nase, Glottis, Trachea) sind für Atemwegsobstruktionen besonders disponiert. Das Krikoid bildet die engste Stelle der Trachea. Da die motorischen Nervenbahnen noch nicht voll ausgereift sind, ist der Muskeltonus des Kindes reduziert. Im Verhältnis zum Körpergewicht ist die Körperoberfläche größer als beim Erwachsenen. Diese Tatsache ist Ursache relativ rasch einsetzender Wärmeverluste bei Kindern. Zusätzliche Belastungen der Temperaturregulation, z. B. durch kalte Operationssäle, Dehydratation oder Atropinmedikation, sowie Hyperthermie, sollten deshalb nach Möglichkeit vermieden werden. Insbesondere bei der Flüssigkeitssubstitution sind diese Besonderheiten entsprechend zu berücksichtigen.

11.15.1.2 Physiologische Voraussetzungen

Der Allgemeinzustand des Neugeborenen wird ganz entscheidend auch davon bestimmt, welche Medikamente von der Mutter über die Plazenta auf das Kind übertragen worden sind. Dabei besitzen Molekulargewicht, Proteinbindung und Metabolismus der Substanzen (s. 10.14), sowie die Durchblutung der Plazenta eine erhebliche Bedeutung. Bei Entbindungen in Allgemeinanästhesie ist eine Beeinträchtigung des Neugeborenen v. a. durch Medikamente aus der Reihe der Sedativa, Analgetika und Narkotika zu erwarten.

Tabelle 11.12. Lungenphysiologische Daten von Neugeborenen im Vergleich mit Erwachsenen

	2,5 kg Neugeborenes	70 kg Erwachsener
Atemfrequenz	34/min	12/min
Atemhubvolumen	15 ml	500 ml
Atemminutenvolumen	510 ml	3 000 ml
Vitalkapazität	90 ml	5 000 ml
Tracheallänge	5 cm	12 cm
funktionseller Totraum	5 ml	150 ml
alveoläre Ventilation	340 ml	4 200 ml
funktionelle Residualkapazität	70 ml	2 400 ml
Compliance	5 ml/cm H ₂ O	100 ml/cm H ₂ O
p _a CO ₂	32 mm Hg	40 mm Hg
O ₂ -Verbrauch	12–20 ml/min	250 ml/min
CO ₂ -Elimination	14 ml/min	200 ml/min

Atmung. Innerhalb von 6–20 s nach der Geburt nimmt das Neugeborene seine Spontanatmung auf; rhythmische Atemzüge setzen nach 30–90 s ein. Die Atemfrequenz beträgt zunächst 40–50/min, sie geht aber bald auf 30 Atemzüge/min zurück. Das Neugeborene benötigt die hohe Atemfrequenz, um bei dem geringen Atemzugvolumen von etwa 15 ml ein ausreichendes AMV herzustellen. Bei dem geringen Atemzugvolumen wirken sich absolute Vergrößerung des Totraums (z. B. durch ungeeignete Narkosesysteme) sehr ungünstig aus. Der Sauerstoffverbrauch des Neugeborenen beträgt unter normalen Stoffwechselbedingungen etwa 8 ml/kg KG/min. Er ist somit gegenüber dem Sauerstoffverbrauch des Erwachsenen (5 ml/kg KG/min) deutlich erhöht. Die CO₂-Produktion des Neugeborenen ist ebenfalls erhöht, aber die gesteigerte Ventilation führt zu einem normalen p_aCO₂. Da die Atemregulation bei Frühgeborenen noch nicht voll ausgereift ist, reagieren diese Kinder oft mit einem Atemstillstand. Auch die alveoläre Reife ist erst zwischen dem 8. und 10. Lebenstag beendet. Die Lungencompliance ist gering, der Atemwegswiderstand relativ hoch (Tabelle 11.12). Da die Thoraxmuskulatur noch relativ schwach entwickelt ist, erfolgt die Atmung überwiegend abdominal. Daraus erklärt sich das häufige Auftreten einer Ateminsuffizienz bei und nach intraabdominellen Eingriffen. Ebenso vermögen Neugeborene pathologischen Belastungen (z. B. hyaline Membranen, angeborene Herzfehler, Sekretverlegungen der Atemwege) nur geringe Reservekräfte entgegenzustellen.

Kreislauf. Nach der Geburt finden im Kreislauf des Neugeborenen abrupte Veränderungen statt. Charakteristisch für den fetalen Kreislauf ist der hohe pulmonale Gefäßwiderstand, der geringe Systemwiderstand (Plazenta) und der Rechts-links-Shunt über das Foramen ovale und den Ductus Botalli. Mit dem Abklemmen der Nabelschnur steigt der systemische Gefäßwiderstand des Neugeborenen an, der linke Vorhofdruck wird erhöht, und der Durchfluß durch das Foramen ovale hört auf. Mit dem Einsetzen der Spontanatmung nimmt der Gefäßwiderstand der Lungen ab, und die Lungendurchblutung steigt an. Bei normalen Neugeborenen verursacht der Anstieg des arteriellen Sauerstoffdrucks über 60 mm Hg eine Vasokonstriktion und den funktionellen Verschuß des Ductus arteriosus. Dieser Verschuß erfolgt innerhalb von Stunden, der anatomische Verschuß benötigt jedoch Wochen. Die Diagnose einer persistierenden fetalen Zirkulation kann gesichert werden durch die Messung des arteriellen Sauerstoffdrucks des Blutes der rechten und linken A. radialis. Die Differenz beträgt in diesen Fällen > 20 mm Hg. Das Myokard des Neugeborenen hat eine niedrige Compliance; das HZV wird daher in erster Linie von der Herzfrequenz bestimmt. Die sympathische Innervation des Herzens ist noch unvollständig, so daß es unterschiedlich auf Katecholamine anspricht. Es ist z. B. stärker empfindlich auf Noradrenalin, gleich empfindlich auf Isoproterenol und weniger empfindlich auf Dopamin. Die Herzfrequenz beträgt etwa 120 Schläge/min (Abb. 11.16). Der arterielle Blutdruck (Abb. 11.17) liegt in den ersten Lebenstagen bei 70/45 mm Hg und in den ersten Lebenswochen bei 90/75 mm Hg. Spätestens nach 6 Monaten ist ein systolischer Blutdruck von 90 mm Hg erreicht. Genaue Blutdruckmessungen sind nur mit entsprechend dimensionierten Blutdruckmanschetten möglich.

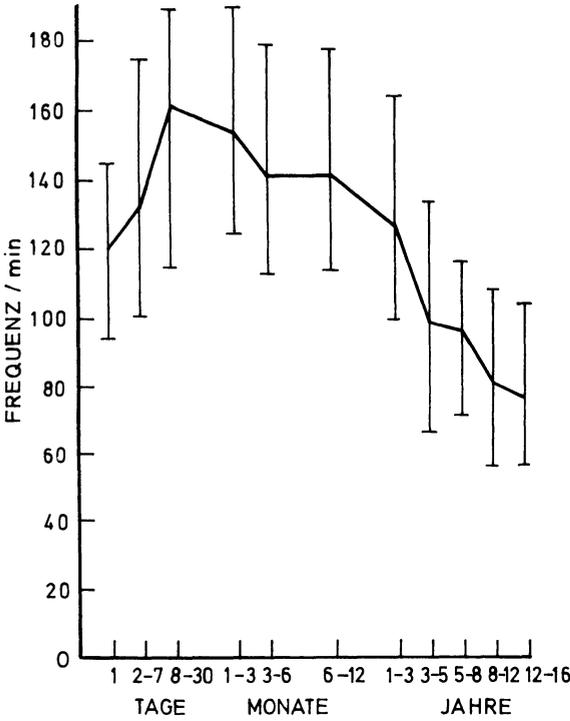


Abb. 11.16. Veränderung der Herzfrequenz bei Kindern in Abhängigkeit vom Lebensalter

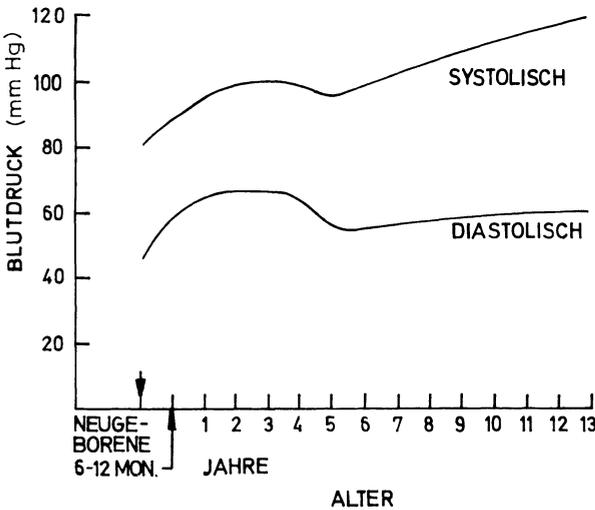


Abb. 11.17. Veränderung des Blutdrucks bei Kindern in Abhängigkeit vom Lebensalter

Homöostase. Gegenüber Wasser- und Elektrolytverschiebungen sowie auf Blutverluste reagiert der kindliche Organismus außerordentlich empfindlich. Die vermehrte Reaktion des Gefäßsystems kann Folge einer Unreife der α -adrenergen Rezeptoren oder einer verminderten Empfindlichkeit der Barorezeptoren sein. Im Gegensatz zum Erwachsenen können schon Verluste von 10% des Blutvolumens einen hämorrhagischen Schock auslösen. Das Blutvolumen beträgt bei Neugeborenen und Säuglingen 100 ml/kg KG, bei Kleinkindern 80 ml/kg KG und bei Schulkindern 75 ml/kg KG. Frühzeitige und adäquate Volumensubstitution bildet somit eine wesentliche Voraussetzung

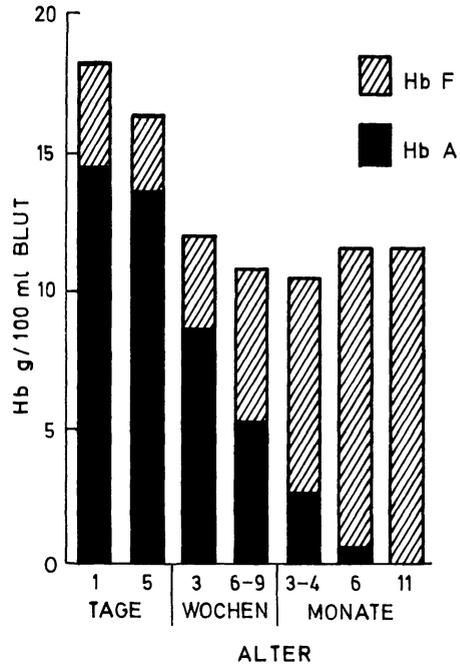


Abb. 11.18. Veränderung von Art und Konzentration des Hämoglobins bei Kindern in Abhängigkeit vom Lebensalter

Tabelle 11.13. Normale hämatologische Werte in unterschiedlichen Lebensabschnitten des Kindes

Alter	Hb (g/100 ml)	Hkt (%)	Leukozyten (mm ³)
1 Tag	19	61	18 000
2 Wochen	17,3	54	12 000
1 Monat	14,2	43	
2 Monate	10,7	31	
6 Monate	12,3	36	10 000
1 Jahr	11,6	35	
6 Jahre	12,7	38	
10-12 Jahre	13	39	8 000

zur Stabilisierung der hämodynamischen Situation. Die Hämoglobinkonzentration des Neugeborenen ist hoch; sie unterliegt in der weiteren Entwicklungsperiode altersabhängigen Veränderungen (Abb. 11.18).

Durch eine Linksverschiebung der Sauerstoffdissoziationskurve von fetalem Hämoglobin besteht jedoch eine erhöhte Sauerstoffaffinität und damit eine verminderte Sauerstoffabgabe im Gewebe. Der Hämatokritwert des Neugeborenen sollte daher postoperativ nicht unter 40% sinken. Im Alter von 2-3 Monaten besteht eine physiologische Anämie, nach 3 Monaten erfolgt ein progressiver Anstieg. Mit 4-6 Monaten entspricht die Oxyhämoglobin-Dissoziationskurve der des Erwachsenen (Tabelle 11.13).

Die Blutgerinnungstests sind mit Ausnahme der Blutungszeit beim Neugeborenen abnormal. Die Konzentration der Vitamin-K-abhängigen Faktoren (II, VII, IX, X) sind vermindert und führen zu einer verlängerten Prothrombinzeit. Trotz dieser Veränderungen gerinnt das Blut des Termin Kindes normal. Der KOD ist bei Neugeborenen geringer als bei Erwachsenen (16-19 mm Hg bei Neugeborenen, 25 mm Hg bei Erwachsenen).

Tabelle 11.14. Neutrale und kritische Temperatur verschiedener Altersstufen

Altersstufe	Neutrale Temp.	Kritische Temp.
Frühgeborenes	34	28
Terminkind	32	23
Erwachsener	28	1

Tabelle 11.15. Basis- und Ersatzbedarf an intravenöser Flüssigkeit in verschiedenen Altersklassen bei mittleren operativen Eingriffen

Lebensalter	5%ige Dextrose in Ringer-Laktat (ml/kg/h)		
	Basisbedarf	Ersatzbedarf	Totalbedarf
1.-5. Lebensjahr	6-10	2-4	8-14
6.-9. Lebensjahr	4- 8	2-4	6-12
10.-14. Lebensjahr	2- 6	2-4	4-10

Wärmeregulation. Da Neugeborene im Verhältnis zum Körpergewicht eine relativ große Körperoberfläche mit einer dünnen subkutanen Fettschicht besitzen, wird die Wärmeabgabe (durch Strahlung, Verdunstung und Leitung) im Vergleich zum Erwachsenen wesentlich erleichtert. Der Hauptmechanismus zur Anhebung der Körpertemperatur ist die Bereitstellung von Wärme aus dem braunen Fettgewebe, das beim Neugeborenen nur unzureichend vorhanden ist. Das braune Fettgewebe ist reich an sympathischen Nervenfasern und Noradrenalinvesikeln. Noradrenalin induziert den Abbau von Triglyzeriden in nichtveresterte Fettsäuren, deren Metabolisierung Wärme freisetzt. Sinkt die Umgebungstemperatur ab, steigt die Metabolisierung und damit der Sauerstoffverbrauch an. Beim Neugeborenen wird die kritische Temperatur im Operationssaal fast immer unterschritten. Unter kritischer Temperatur versteht man jene Temperatur, unter der ein unbedeckter Mensch seine normale Temperatur nicht mehr aufrechterhalten kann (Tabelle 11.14).

Durch Aufheizung des Operationssaals, Verwendung von Heizmatten und Wärmestrahlern, Erwärmen und Anfeuchten des Atemgases, durch erwärmte Infusionslösungen und durch Einwickeln der Extremitäten muß der Wärmeverlust verhindert werden.

Stoffwechsel. Der Extrazellulärraum des Neugeborenen ist im Verhältnis zu dem des Erwachsenen relativ vergrößert. Er beansprucht 40% des Körpergewichts (kg) (Erwachsene: 20%). Absolut ist jedoch das Flüssigkeitsvolumen des Extrazellulärraums ziemlich klein.

Die erhöhte metabolische Rate des Neugeborenen führt zu einem erhöhten Umsatz von extrazellulärer Flüssigkeit und erfordert deshalb eine peinliche Kontrolle der Flüssigkeitstherapie. Der Gesamtstoffwechsel des Neugeborenen liegt etwa 3- bis 4mal höher als der des Erwachsenen. Die Flüssigkeitstherapie ist zu unterteilen in den Basisbedarf und den Ersatzbedarf (Tabelle 11.15).

Der Basisbedarf korreliert mit der metabolischen Rate, der Ersatzbedarf mit pathologischen Prozessen, z. B. Ausdehnung der Operation, Flüssigkeitsverlagerungen, Verluste durch Perspiratio insensibilis. Infolge der höheren Umsatzrate für Glykogen neigen Neugeborene und Säuglinge zur Hypoglykämie. In diesem Lebensabschnitt besteht auch eine Neigung zur Hypokalzämie. Da das Gehirn einen hohen Glukosebedarf hat, erklären sich viele zerebrale Symptome aus dem Glukosemangel. Zur Infusionstherapie sollte deshalb stets 5%ige Glukoselösung verwendet werden, bei Frühgeburten sogar 10%ige Glukoselösung. Der Blutzuckerspiegel sollte bei größeren Infusionsvolumina engmaschig kontrolliert werden.

Die Nierenfunktion ist in den ersten Lebensmonaten noch nicht voll ausgereift. Volumenüberladungen werden daher schlecht toleriert.

Die glomeruläre Filtrationsrate (ml/m²/min) steigt z. B. mit zunehmendem Lebensalter kontinuierlich an (Tabelle 11.16).

Tabelle 11.16. Mittlere glomeruläre Filtrationsrate (GFR) in unterschiedlichen Lebensabschnitten.

Lebensalter	GFR (ml/1,7 m ² /min)
Frühgeborene	16
Terminkinder	20
Säuglinge zwischen 3–5 Wochen	60
Kleinkinder von 1 Jahr	80
Erwachsene	120

Tabelle 11.17. Richtwerte für Körpergewicht und Körperoberfläche bei Kindern verschiedenen Lebensalters

Lebensalter	Körpergewicht (kg)	Körperoberfläche (m ²)
Neugeborene	3	0,2
12 Monate	10	0,5
7 Jahre	25	0,8
10 Jahre	30	1,0
12 Jahre	40	1,2
15 Jahre	60	1,5

11.15.1.3 Pharmakologische Besonderheiten

Für die Berechnung der erforderlichen Medikamentendosis ist das Körpergewicht des Kindes nicht vorbehaltlos geeignet; die Körperoberfläche liefert die brauchbareren Werte. Eine Umrechnung der bei Erwachsenen geltenden Dosierung in die für Kinder zutreffende Dosis ist nach folgender Formel möglich:

$$\text{Dosis Kind} = \frac{\text{Körperoberfläche des Kindes}}{\text{Körperoberfläche des Erwachsenen}} \cdot \text{Dosis für Erwachsene}$$

Richtwerte für Körpergewicht und Körperoberfläche in den verschiedenen Lebensabschnitten sind in Tabelle 11.17 aufgeführt.

Darüber hinaus ist die Reaktion des kindlichen Organismus auf die Applikation von Medikamenten verändert. Dies trifft insbesondere für Narkotika und MR zu. Ursachen dafür sind Veränderungen des Verhältnisses von EZR zu IZR, die geringere Bindung lipidlöslicher Substanzen, die noch unvollständig entwickelte Blut-Hirn-Schranke und die verminderte Entgiftungsfunktion (z. B. enzymatischer Abbau in der Leber, Kopplung der Substanzen, Elimination über die Niere), sowie die unterschiedlichen Reaktionen des Gehirns auf die Pharmaka.

Kleinkinder nehmen Inhalationsnarkotika rascher auf und neigen eher zu Blutdruckabfällen und Bradykardie. Der intraoperativen Überwachung der Herz-Kreislauf-Funktion ist daher besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Wegen der Abhängigkeit des HZV von der Herzfrequenz ist jede Bradykardie (< 120/min) sofort zu beheben (Atropin 0,007 mg/kg KG). Auch auf MR sprechen Kleinkinder anders als Erwachsene an. Bedingt durch das relativ große Volumen des Extrazellulärraums

sind initial höhere Dosen von dMR (z. B. Succinylcholin 2 mg/kg KG) erforderlich. Andererseits reagieren Neugeborene auf ndMR empfindlich, so daß niedrigere Dosierungen (z. B. Pancuronium 0,02 mg/kg KG) erforderlich sind. Da die Blut-Hirn-Schranke und die Stoffwechselleistung der Leber noch nicht voll ausgereift sind, besteht eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber intravenösen Narkotika und Analgetika.

Die Pharmakokinetik unterscheidet sich bei Neugeborenen und Kleinkindern von der des Erwachsenen. Die herabgesetzte hepatische und renale Clearance, die charakteristisch ist für Neugeborene, kann eine verlängerte Medikamentenwirkung erzeugen. Die Clearancerate erreicht erst mit etwa 5–6 Monaten die des Erwachsenen, im späteren Kindesalter kann sie diese sogar überschreiten.

11.15.1.4 Besonderheiten des unreifen Neugeborenen

Beim unreifen Neugeborenen ist mit dem Vorhandensein eines idiopathischen Atemnotsyndroms (Surfactantmangel) mit Atelektasen, gestörtem Ventilations-Perfusions-Verhältnis, Hypoxämie und Azidose zu rechnen. Diese Kinder benötigen höhere Sauerstoffkonzentrationen und künstliche Beatmung mit positivem end-expiratorischen Druck. Darüber hinaus findet sich bei diesen Kindern häufig eine Ventrikelblutung, insbesondere bei Gerinnungsstörung, Azidose, Hypervolämie und nach Infusion hypertonischer Lösungen. Große Ventrikelseptumdefekte, ein persistierender Ductus Botalli und Defekte der Endokardkissen verursachen einen Links-rechts-Shunt, gesteigerte Lungendurchblutung und Stauungsinsuffizienz. Rechts-links-Shunts mit Zyanose treten meist bei der Transposition der großen Arterien und bei der Fallot-Tetralogie auf. Aortenstenose, Pulmonalstenose und Aortenisthmusstenose werden als kardial obstruierende Erkrankungen relativ häufig in der Neugeborenenperiode beobachtet.

11.15.1.5 Voruntersuchung

In der Regel sind Kinder, bei denen operative Eingriffe durchgeführt werden müssen, von einem Pädiater klinisch voruntersucht. Eine erste Information über den Allgemeinzustand des Kindes liefern Hautfarbe und Aktivität. Das Körpergewicht sollte für die Berechnung einer angemessenen Dosierung zuverlässig bestimmt sein. Die laborchemischen Untersuchungen beschränken sich auf Hämoglobin- und Hämatokritkontrolle, Elektrolytbestimmungen (Na^+ , K^+) und eine Harnanalyse. Röntgenaufnahmen des Thorax und Temperaturmessungen sollten vorliegen. In besonderen Fällen sind Analysen des Säure-Basen-Haushalts und der Blutgase sowie weiterführende diagnostische Verfahren (EKG, Herzkatheter, Lungenfunktion) erforderlich. Die Nahrungs- und Flüssigkeitskarenz wird im Kindesalter zur Vermeidung einer azidotischen Stoffwechsellage flexibler gestaltet, wobei Säuglinge ihre normale Kost bis zu 4 h vor der Operation erhalten können. Über 2 Jahre alte Kleinkinder dürfen bis zu 4 h vor der Operation trinken. Neugeborene, insbesondere aber Frühgeborene, erhalten wegen der Unreife der Leber und dem dadurch bedingten Mangel an Prothrombin Vitamin K (1 mg i. m.).

Tabelle 11.18. Dosierungsschema für die Prämedikation bei Kindern

Alter	Gewicht (kg)	Hyoscyamin	Pethidin
Neugeb. bis 4 Wochen	3	0,05 mg = 0,1 ml	–
6/8 Wochen	4	0,1 mg = 0,2 ml	–
3 Monate	6	0,1 mg = 0,2 ml	–
6 Monate	8	0,15 mg = 0,3 ml	–
1 Jahr	10	0,15 mg = 0,3 ml	5 mg = 0,1 ml
2 Jahre	13	0,15 mg = 0,3 ml	5 mg = 0,1 ml
3 Jahre	15	0,2 mg = 0,4 ml	5 mg = 0,1 ml
4 Jahre	17	0,2 mg = 0,4 ml	10 mg = 0,2 ml
5 Jahre	20	0,25 mg = 0,5 ml	10 mg = 0,2 ml
6 Jahre	22	0,25 mg = 0,5 ml	15 mg = 0,3 ml
7 Jahre	25	0,3 mg = 0,6 ml	20 mg = 0,4 ml
8 Jahre	27	0,35 mg = 0,7 ml	20 mg = 0,4 ml
9 Jahre	30	0,35 mg = 0,7 ml	25 mg = 0,5 ml
10 Jahre	32	0,35 mg = 0,7 ml	30 mg = 0,6 ml
12 Jahre	40	0,4 mg = 0,8 ml	40 mg = 0,8 ml
14 Jahre	50	0,5 mg = 1,0 ml	50 mg = 1,0 ml

11.15.1.6 Prämedikation

Bei der Prämedikationsvisite ist die besondere psychische Situation des Kindes durch angepaßtes Verhalten zu berücksichtigen. In Abhängigkeit von der psychischen Ausgangslage erhalten Kinder am Vorabend des Operationstags ein Sedativum (z. B. Chlorprothixen: Truxal 0,5 mg/kg KG) oder ein Hypnotikum (z. B. Phenobarbital: Luminaletten 1,5–3,0 mg/kg KG). Am Operationstag wird eine Mischinjektion aus Pethidin und Atropin (s. Tabelle 11.18) intramuskulär appliziert. Bei Neugeborenen kann auf Atropin verzichtet werden, da der Vagustonus in diesem Lebensabschnitt nur gering ausgebildet ist. Darüber hinaus wird die unerwünschte Nebenwirkung der Eindickung von Bronchialsekret und der Temperatursteigerung vermieden. Bei Kindern aller Altersgruppen mit Fieber sollte Atropin nicht verabreicht werden.

11.15.1.7 Monitoring

Die Überwachung von Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern bei operativen Eingriffen ist von großer Bedeutung, weil v. a. das Neugeborene und der Säugling herabgesetzte physiologische Reserven besitzen. Sie erfordert präkordiales Stethoskop oder Ösophagusstethoskop, EKG-Monitoring, Blutdruckmessung, Temperaturmessung (z. B. in Ösophagus, Gehörgang, Rektum oder Haut) und die Registrierung der Harnausscheidung (Neugeborene 0,5 ml/kg KG/h; ab 1. Monat 1 ml/kg KG/h). Die sorgfältige Kontrolle von Blutverlusten (z. B. durch Wiegen der Tupfer) ist bei größeren Eingriffen erforderlich, da schon Verluste von 10% des BV zur Vermeidung eines hämorrhagischen Schocks die Bluttransfusion erfordern.

EKG. Der Vorteil der kontinuierlichen Ableitung des EKG liegt in der schnellen Identifizierung von Herzrhythmusstörungen. Da Veränderungen des EKG beim Kinde eher auf Reizleitungsstörungen zurückzuführen sind als auf myokardiale Ischämie, ist die Ableitung II besser als die präkordiale Ableitung.

Blutdruck. Die verminderte kardiovaskuläre Reserve und die mitunter ausgeprägte hypotensive Reaktion auf Inhalationsnarkotika machen die regelmäßige Messung des Blutdrucks beim Kinde zur Pflicht. Bei Verwendung nichtinvasiver Methoden muß die Manschettenbreite der Größe des kindlichen Arms angepaßt sein. Zu kleine Manschetten liefern zu hohe, zu große Manschetten liefern zu geringe Druckwerte. Neben der Erfassung der Korotkow-Töne (nur bei älteren Kindern) sind v. a. die Dopplermethoden und die oszillometrischen Methoden als Meßprinzipien geeignet (s. 4.1.1).

Bei direkter Messung über arterielle Katheter ist zugleich die Möglichkeit zur Messung der Blutgasanalyse gegeben. Dabei kann die Wahl der Arterie von Bedeutung sein. Die linke A. radialis und die Umbilikalarterie führen Blut von Arterien distal des Ductus arteriosus. Sie können bei offenem Ductus arteriosus nicht den exakten arteriellen Sauerstoffdruck des Gehirns und der Retina anzeigen. Die Erfassung der exakten Werte dieser Bereiche gelingt durch Verwendung einer präduktalen Arterie (z. B. der rechten A. radialis).

Temperaturmessung. Messungen der Körpertemperatur sind bei Kindern während der perioperativen Phase wichtig, weil Hypothermie den Sauerstoffverbrauch in einem bestimmten Temperaturbereich erhöht, sowie Atemdepression, Bradykardie, metabolische Azidose und Hypoglykämie bewirkt. Als Meßpunkte eignen sich Rektum, Ösophagus und Nasopharynx; die nasopharyngeale Sonde eignet sich für intubierte Kinder am besten zur Messung der Körpertemperatur.

Transkutane Messung der Sauerstoffspannung. Der transkutane Sauerstoffdruck korreliert bei Kindern gut mit dem arteriellen Sauerstoffpartialdruck, wenn eine gute Hautdurchblutung besteht. Bei reduzierter Hautdurchblutung kann der transkutane Sauerstoffdruck geringer sein als der arterielle Sauerstoffpartialdruck. In jedem Fall ist die Messung des transkutanen Sauerstoffdrucks zur Erfassung einer Hypoxie geeignet. Da Neugeborene mit einem Gestationsalter unter 44 Wochen bei hohen Sauerstoffkonzentrationen durch die Entwicklung einer retrolentalen Fibroplasie gefährdet sind, empfiehlt sich die Kontrolle der Sauerstoffspannung bei diesen Kindern besonders. Die optimale Sauerstoffkonzentration sollte zwischen 60–90 mm Hg betragen.

Präkordiales Stethoskop. Ein präkordiales Stethoskop oder ein Ösophagusstethoskop ist zur Kontrolle der Ventilation, der Herzfrequenz und des Herzrhythmus geeignet. Das Ösophagusstethoskop ist zwar die zuverlässigere Methode, doch ist es nicht immer einsetzbar (z. B. bei hämorrhagischer Diathese, intraoralem Eingriff, Ösophagusatresie).

ZVD. Der ZVD kann bei Kindern ebenso wie bei Erwachsenen gemessen werden (z. B. V. subclavia, V. jugularis). Die Komplikationsraten der ZVD-Messung sind bei Kindern jedoch höher als im Erwachsenenalter.

11.15.2 Anästhesieverfahren

Bei Kindern aller Altersgruppen ist die Allgemeinanästhesie das Anästhesieverfahren der Wahl. Regionale Anästhesietechniken sind ungeeignet, weil Kinder in der Regel nicht kooperativ und die anatomischen Voraussetzungen ungünstiger als im Erwachsenenalter sind.

11.15.2.1 Narkoseeinleitung

Neben den im Erwachsenenalter praktizierten Verfahren der intravenösen Applikation und der Inhalation von Narkotika können im Kindesalter Narkotika auch rektal und intramuskulär verabreicht werden. In Abhängigkeit von der psychischen

Ausgangslage des Kindes und seinem Alter sollte das bestgeeignete Verfahren ausgewählt werden. Ebenso wie der Operationssaal muß auch der Raum, in dem die Narkose eingeleitet wird, über zusätzliche Wärmequellen verfügen, um größere Wärmeverluste des Kindes auszuschließen.

Einleitung durch Inhalation. Die Inhalation eines Atemgasgemisches (z. B. $O_2-N_2O=2:2$) mit einem Inhalationsnarkotikum über Maske ist bei Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern das am häufigsten verwendete Verfahren. Auch die Inhalation von Cyclopropan (Explosionsgefahr!) wird wegen seines schnellen Wirkungseintritts von einigen Anästhesisten bevorzugt. Die Einleitung einer Narkose durch Inhalation bei älteren Kindern erfordert vom Anästhesisten ein besonderes psychologisches Geschick, um die Mitarbeit des Kindes zu gewinnen (z. B. durch Aufforderung zum Aufblasen des Reservoirbeutels). Grundsätzlich ist davon auszugehen, daß Kinder zwischen dem 2. und 5. Lebensjahr besonders empfindlich und furchtsam sind und deshalb vermehrte psychische Führung benötigen. Bei der Narkoseeinleitung durch Inhalation ist abhängig von der Mitarbeit des Patienten und der persönlichen Erfahrung des Anästhesisten ein differenziertes Vorgehen möglich. Dabei kann primär eine geringe Konzentration angeboten werden, die kontinuierlich gesteigert wird oder man beginnt sofort mit hohen Konzentrationen und reduziert diese im weiteren Verlauf. Das Mitbringen des Lieblingsspielzeugs in den Einleitungsraum sollte dem Kind erlaubt werden. In Ausnahmefällen kann die Einleitung der Narkose auf dem Arm der Schwester oder der Mutter erfolgen.

Einleitung durch intramuskuläre Applikation. Die intramuskuläre Injektion von Narkotika (z. B. Ketamin 5–10 mg/kg KG einer 10%igen Lsg. oder Methohexital 3–6 mg/kg KG einer 5%igen Lsg.) ist besonders bei nichtkooperativen oder retardierten Kindern geeignet. In der Regel schlafen die Kinder innerhalb von 3–5 min nach der Injektion ein, so daß die Narkose dann als Inhalationsnarkose weitergeführt werden kann.

Einleitung durch rektale Instillation. Die rektale Applikation intravenöser Narkotika (z. B. Methohexital 20–25 mg/kg KG einer 10%igen Lösung) hat sich v. a. bei unzureichend prämedizierten oder ängstlichen Kindern bewährt. Die Instillation erfolgt über einen in die Ampulla recti eingeführten Katheter, der unmittelbar nach der Verabreichung der Substanz gezogen werden muß. Durch Zusammenpressen beider Gesäßhälften wird ein unerwünschtes Zurückfließen der Lösung weitgehend verhindert. Nach etwa 7–10 min tritt Schlaf ein, nach 15–20 min werden chirurgische Manipulationen toleriert. Die Narkose wird als Inhalationsnarkose weitergeführt.

Einleitung durch intravenöse Injektion. Die intravenöse Applikation eines Narkotikums (z. B. Thiopental 3–5 mg/kg KG, Methohexital 1 mg/kg KG, Ketamin 1–2 mg/kg KG) sollte nur bei kooperativen Kindern oder bei Kindern mit bereits vorhandenen intravenösen Zugangswegen durchgeführt werden. Auch nach dieser Form der Einleitung empfiehlt es sich, die Narkose als Inhalationsnarkose weiterzuführen.

11.15.2.2 Schaffung venöser Zugänge

Bei Kindern wird in der Regel erst nach dem Erlöschen des Bewußtseins ein venöser Zugang hergestellt. Im Säuglingsalter eignen sich dafür neben den Nabelvenen (nur kurzfristig) v. a. die Venen der Kopfhaut. In den späteren Lebensabschnitten sind auch die Venen des Handrückens, des Fußrückens, des Innenknöchelbereichs und des Halses (z. B. V. jugularis interna) geeignet. Nur in seltenen Fällen ist eine Venae sectio erforderlich.



Abb. 11.19. Schematische Darstellung der endotrachealen Intubation beim Kleinkind

Tabelle 11.19. Innendurchmesser (mm) und Außendurchmesser (Charr) von Endotrachealtuben für Säuglinge und Kleinkinder

Alter	Gewicht kg	Innendurchmesser mm	Außendurchmesser (Charr.)
Frühgeborenes	1,5–2,5	3–3,5	12–14
Neugeborenes	2,5–3,5	4,0	16
1 Monat	3,5–5,0	4,5	18
6 Monate	7,0	4,5	18
1 Jahr	10,5	5,0	20
2 Jahre	13,5	5,5	22
3 Jahre	15,5	5,5	22
4 Jahre	17,5	6,0	24
5 Jahre	20,0	6,0	24
6 Jahre	25,0	6,5	26
8 Jahre	32,5	6,5	26
10 Jahre	40,0	7,0	28
12 Jahre	50,0	7,0	28
14 Jahre	55,0	7,5	30

11.15.2.3 Endotracheale Intubation

Die endotracheale Intubation (Abb. 11.19) erfolgt entweder in ausreichend tiefer Halothannarkose oder nach Muskelrelaxation mit dMR (1 mg/kg KG, auf 0,4% mit NaCl verdünnt). Da die Intubation im frühen Kindesalter in der Regel mit manschettenlosen Tubi durchgeführt wird (Krikoid = engste Stelle der Trachea), muß der Tubusdurchmesser aus Gründen einer sorgfältigen Abdichtung des respiratorischen Systems entsprechend ausgewählt werden. Als Richtwert für den geeigneten

Tubusdurchmesser dient der Quotient aus $\frac{4,5 + \text{Lebensalter}}{4}$. Daneben wird als

Maß der Tubusgröße in Charriere die Summe aus $18 + \text{Alter}$ empfohlen. Auch die Tubuslänge sollte für Kinder entsprechend vorbereitet werden. Als brauchbares Maß für die zulässige Länge (cm) eignet sich die Summe aus halbem Lebensalter + 12 oder die Summe aus $14 + \text{halbem Lebensalter}$. Ein anderer Vorschlag empfiehlt als Länge für die Entfernung von den Lippen bis zur Bifurkation bei einem 1 kg schweren Frühgeborenen ein Maß von 7 cm und je 1 cm mehr für jedes zusätzliche Kilogramm Körpergewicht bis zu einer Länge von 10 cm.

Man sollte sich jedoch nicht scheuen, einen unpassenden Tubus gegen einen besser geeigneten auszuwechseln. Der bestgeeignete Tubus ist jener, der das Lumen des Ringknorpels leicht passiert und innerhalb kurzer Zeit einen luftdichten Sitz garantiert (Tabelle 11.19). Nach sorgfältiger Überprüfung der korrekten Tubuslage (Stethoskop) ist die Fixation des Tubus mit Heftpflasterstreifen an der Wange des Kindes erforderlich.

11.15.2.4 Aufrechterhaltung der Narkose

In der Regel wird die Allgemeinanästhesie mit einem Lachgas-Sauerstoff-Gemisch (1 : 1) unter Zusatz eines Inhalationsnarkotikums (v. a. Halothan) aufrechterhalten. Die Narkose kann auch durch intravenöse Gabe von Ketamin (1 mg/kg KG) fortgeführt werden.

Muskelrelaxation. Die Muskeler schlaffung erfolgt entweder mit Repetitionsdosen eines dMR (0,2 mg/kg KG) oder mit ndMR (z. B. Alcuronium 0,15 mg/kg KG, Pancuronium 0,05 mg/kg KG). Bei wiederholter Gabe von dMR ist das mögliche Auftreten von Bradykardien oder Arrhythmien zu berücksichtigen; u. U. ist Atropin (0,01 mg/kg KG) zu applizieren. Das Neugeborene reagiert infolge seiner erniedrigten Compliance und seines erhöhten Atemwegwiderstands sehr empfindlich auf einen möglichen Überhang an ndMR, so daß in diesem Lebensabschnitt bevorzugt dMR verabreicht werden sollten. Allerdings besteht auch hier bei langen Operationszeiten die Gefahr des Phase-II-Blocks. Unterkühlungen verlängern die Wirkung der Muskelrelaxanzien. Bei Verbrennungen, Atemwegsobstruktionen, vollem Magen und offenen Augenverletzungen sind dMR nur unter entsprechender Kritik zu verwenden.

Narkoseventilation. Bei Kindern mit einem Körpergewicht von > 20 kg können wie bei Erwachsenen Kreisläufe verwendet werden. Kinder mit einem Körpergewicht von < 20 kg sollten mit halboffenem System beatmet werden. Als Beatmungsfrequenz empfehlen sich 30-40 Atemzüge/min. Die Menge des Ventilationsvolumens wird nach dem Körpergewicht des Kindes berechnet. Dabei hat sich folgende Formel bewährt:

$$\begin{aligned} \text{AMV} &= \text{Hubvolumen} \cdot \text{Atemfrequenz} \\ \text{Hubvolumen} &= 3 \cdot \text{Totraumvolumen} \\ \text{Totraumvolumen} &= 2 \text{ ml/kg KG.} \end{aligned}$$

In der Regel beträgt das AMV 150 ml/kg KG. Bei den üblichen halboffenen Systemen (Digbey-Leigh, Jackson-Reed) sollte der Frischgasflow etwa das 2,5- bis 3fache des AMV betragen, um eine Rückatmung zu vermeiden.

Infusionstherapie. Es hat sich bewährt, die Kreislaufsituation durch großzügige Vorgabe von 5%igem Albumin (10 ml/kg KG) zu stabilisieren. Der normale Flüssigkeitsbedarf des Kindes beträgt 60 ml/kg/24 h und wird mit einer speziellen Glukoseelektrolytlösung ($\frac{2}{3}$ Ringer-Lösung + $\frac{1}{3}$ 5%ige Dextrose) gedeckt (Tabelle 11.20).

Während der Operation sollten innerhalb der verschiedenen Gewichtsstufen folgende Mengen infundiert werden.

Tabelle 11.20. Flüssigkeitsbedarf bei Säuglingen, Kleinkindern und Kindern während 24 h unter Normalbedingungen

Lebensalter	Durchschnittliches Körpergewicht (kg)	Flüssigkeitsbedarf (ml/kg KG/24h)
2. bis 9. Tag	3,3	60–120
ab 10. Tag	3,5	140–160
3 Monate	5,7	140–160
6 Monate	7,0	130–155
9 Monate	8,6	125–145
1 Jahr	9,5	120–135
2 Jahre	12,5	115–125
4 Jahre	16,2	100–115
6 Jahre	20,0	90–100
8 Jahre	25,0	80– 90
10 Jahre	28,7	70– 85
14 Jahre	45,0	50– 60

1–10 kg KG = 4 ml/kg KG/h Speziallösung
 11–20 kg KG = 6 ml/kg KG/h Speziallösung
 21–50 kg KG = 7 ml/kg KG/h Speziallösung.

Die Primärbehandlung der Hypovolämie erfolgt durch 5%iges Humanalbumin (10 ml/kg KG i. v.), der Hypoglykämie durch 10%ige Glukoselösung (5 ml/kg KG i. v.), der Azidose durch 4,2%ige Natriumkarbonatlösung (1 ml/kg KG i. v.).

Dem Wärmeverlust des kindlichen Organismus ist durch entsprechend temperierte Operationsräume, Wärmelampen oder Heizmatten zu begegnen.

11.15.2.5 Narkoseausleitung, Extubation, postoperative Überwachung

Da die Reflexbereitschaft des Kindes generell erhöht ist, kann die Extubation des wachen Kindes zur spastischen Atemwegsobstruktion führen. Andererseits ist die Extubation in tiefer Allgemeinanästhesie mit der Gefahr einer zunehmenden Ateminsuffizienz verbunden. Im Idealfall sollte die Extubation des Kindes nur bei ausreichender Ventilation und nachweisbarer Motilität unter noch bestehender leichter Sedierung erfolgen.

Die endotracheale Absaugung ist steril und atraumatisch durchzuführen. Sie sollte nur kurzfristig mit dünnen Kathetern erfolgen, wobei sowohl vor, als auch nach dem Absaugvorgang eine ausreichende Blähung der Lunge und Oxygenierung durchgeführt werden muß. Postoperative Schmerzbekämpfung ist bei Säuglingen und Kleinkindern nur selten erforderlich. Häufig wird nur Unruhe beobachtet. Ehe eine Sedierung verordnet wird, sollte sichergestellt sein, daß die Unruhe nicht durch Hypoxie, Atemwegsverlegung oder Blutverlust verursacht ist. Als Analgetika oder Sedativa werden bei Kindern in der Regel Diazepam (Valium 0,2 mg/kg KG), Promethazin (Atosil 1 mg/kg KG) und Pethidin (Dolantin 1 mg/kg KG) verwendet. Ebenso können aber auch andere Präparate, z. B. Suppositorien von Pentacozin (Fortral 0,5 mg/kg KG) oder Aprobarbital (Allional 2 mg/kg KG) eingesetzt werden.

11.15.3 Nebenerkrankungen des Neugeborenen

Bei Neugeborenen werden v.a. das Atemnotsyndrom, bronchopulmonale Fehlbildungen, intrakranielle Blutungen, Retinopathie, Kernikterus, Hypoglykämie und Sepsis beobachtet.

11.15.3.1 Atemnotsyndrom

50–70% der Todesfälle bei Frühgeburten sind auf ein Atemnotsyndrom zurückzuführen. Dieses Syndrom wird durch den Mangel an Surfactant (Phospholipide) in den Alveolen verursacht. Die Funktion des Surfactants besteht darin, die alveoläre Stabilität zu garantieren. Ohne Surfactant kommt es zum Kollaps der Alveolen und nachfolgend zum intrapulmonalen Rechts-links-Shunt, zur arteriellen Hypoxämie und zur metabolischen Azidose.

Surfactant wird in den Alveolarzellen, Typ II, produziert. Diese Zellen finden sich erst nach der 35. Schwangerschaftswoche in einer Zahl, die imstande ist, ausreichende Mengen von Surfactant zu produzieren.

Die arterielle Oxygenation muß deshalb bei solchen Kindern durch zusätzliche Zufuhr von Sauerstoff mit oder ohne mechanische Ventilation sichergestellt werden. Wenngleich die Anwendung von PEEP mitunter unausweichlich ist, sollte in diesem Lebensalter an die Entstehung eines Pneumothorax bei Anwendung der Methode gedacht werden. Zur Sicherstellung einer optimalen Oxygenation sollte auch die hämodynamische Situation entsprechend kontrolliert werden, z. B. durch eine gute Infusionstherapie.

11.15.3.2 Bronchopulmonale Fehlentwicklung

Kinder mit Atemnotsyndrom zeigen oft eine bronchopulmonale Fehlentwicklung, die charakterisiert ist durch erhöhten Atemwegswiderstand, verminderte Lungencompliance, Störung des Ventilations-Perfusions-Verhältnisses, verminderte arterielle Oxygenation und Tachypnoe. Der Sauerstoffverbrauch dieser Kinder ist in der Regel um 25% erhöht. Die Kinder zeigen außerdem eine erhöhte Häufigkeit von Lungeninfektionen, v.a. während des ersten Lebensjahres. Nach dieser Zeit bessert sich die Prognose dieser Kinder. Eine Anästhesie sollte bei diesen Kindern immer in endotrachealer Intubation mit erhöhten Sauerstoffkonzentrationen und künstlicher Beatmung erfolgen.

11.15.3.3 Intrakranielle Blutung

Unter den verschiedenen Formen der intrakraniellen Blutung wird die periventriculäre-intraventriculäre Blutung am häufigsten (45%) bei Neugeborenen (Frühgeborenen) beobachtet. Faktoren, die das Frühgeborene zu einer solchen Blutung disponieren, sind unzureichende Autoregulation der zerebralen Durchblutung, erhöhter zerebraler Venendruck und Unreife des Kapillarbetts. Ultraschalluntersu-

chung und Computertomographie sind zur Diagnostik derartiger Blutungen gut geeignet. Bei der Anästhesie dieser Kinder sollte arterielle Hypoxämie und Hyperkapnie vermieden werden. Der Blutdruck sollte im Normbereich verbleiben, so daß ein sorgfältiges Monitoring erforderlich ist.

11.15.3.4 Retrolentale Fibroplasie

Der wichtigste Risikofaktor für das Auftreten dieser Krankheit ist die arterielle Hyperoxie, unter der es zur retinalen Vasokonstriktion und damit zur Störung der Retinaentwicklung kommt. Dabei muß man davon ausgehen, daß die Veränderungen an der Retina um so schwerer werden, je unreifer die Retina ist. Nach der 44. Woche kann das Risiko einer Retinopathie vernachlässigt werden. Bei der Anästhesie von Neugeborenen, insbesondere von Frühgeborenen, ist die Kontrolle des arteriellen Sauerstoffdrucks nachhaltig zu empfehlen, um sowohl Hyperoxie als auch Hypoxie zu vermeiden.

11.15.3.5 Kernikterus

Als Kernikterus wird ein Syndrom bezeichnet, das durch die toxische Wirkung von Bilirubin am ZNS entsteht. Die wesentlichen klinischen Zeichen des Kernikterus umfassen Hypertonizität, Opisthotonus und Spastik. Da Bilirubin nicht lipophil ist, überschreitet es die Blut-Hirn-Schranke nicht. Beim Neugeborenen, insbesondere beim Frühgeborenen, sind für den Durchtritt offensichtlich die Unreife der Blut-Hirn-Schranke sowie Hypoxie und Medikamente verantwortlich. Die Behandlung der Hyperbilirubinämie erfolgt durch Phototherapie und Austauschtransfusion.

11.15.3.6 Hypoglykämie

Das Neugeborene besitzt ein schlecht entwickeltes System für die Aufrechterhaltung einer adäquaten Blutglukosekonzentration und ist sehr empfindlich gegen Veränderungen des KH-Stoffwechsels. Die Glukosekonzentration sollte bei Kindern $> 45 \text{ mg}/100 \text{ ml}$ betragen. Zeichen der Hypoglykämie umfassen erhöhte Reizbarkeit, Anfälle, Bradykardie, Hypotension und Apnoe. Die Aufrechterhaltung einer adäquaten Blutzuckerkonzentration beim Neugeborenen erfordert bei operativen Eingriffen die intravenöse Infusion glukosehaltiger Lösungen. Die sofortige Behandlung einer Hypoglykämie erfolgt mit $0,5\text{--}1,0 \text{ g}/\text{kg KG}$ Glukose i. v. oder der kontinuierlichen Infusion von $8 \text{ mg}/\text{kg KG}/\text{min}$. Blutzuckerkonzentrationen von $> 125 \text{ mg}/100 \text{ ml}$ sollten nicht überschritten werden, weil unter diesen Bedingungen eine osmotische Diurese mit nachfolgender Dehydratation eintreten kann.

11.15.3.7 Sepsis

Die Sepsis geht bei Neugeborenen mit einer Mortalität von 50% einher. Wahrscheinlich spiegelt dies die Unreife des Immunsystems des Neugeborenen wider. Die auffälligsten Zeichen der Sepsis beim Neugeborenen sind Lethargie, Hypotonie, Hypoglykämie und Atemnot. Der Anstieg der Körpertemperatur oder der Leukozytenzahl kann im Gegensatz zum Erwachsenen fehlen. Komplikationen der Sepsis sind häufig Meningitis und disseminierte intravaskuläre Gerinnungsprozesse.

11.15.4 Spezielle kinderchirurgische Operationen

Die größte Zahl kinderchirurgischer Eingriffe wird bei den verschiedenen Formen von Bauchwandhernien (u. a. Leisten- und Nabelhernien) durchgeführt. Daneben stellt die operative Korrektur unterschiedlichster Mißbildungen (z. B. Kiefer-, Gaumen-, Lippenspalten) einen hohen Anteil der Operationen kinderchirurgischer Kliniken. Spezielle anästhesiologische Probleme erwachsen v. a. bei den akuten operativen Eingriffen der ersten Lebensstage, z. B. bei den operativen Korrekturen von Zwerchfellhernien, Ösophagusatresien und intraabdominellen Mißbildungen.

11.15.4.1 Zwerchfellhernie

Eine Zwerchfellhernie entsteht durch unvollständigen embryonalen Verschluss des Diaphragmas. Die häufigste Lokalisation bildet das Trigonum lumbocostale (Bochdalek), wobei die linke Seite häufiger als die rechte betroffen ist. Durch den Eintritt der Baueingeweide in den Thoraxraum kommt es zur Lungenkompression mit den daraus folgenden Konsequenzen für den Gasaustausch. Die fetale Zirkulation bleibt meist erhalten, so daß es zu einem erheblichen Rechts-links-Shunt durch den Ductus arteriosus kommen kann.

Wenn zusätzlich die großen Gefäße und das Herz komprimiert werden, kann eine lebensbedrohliche Situation eintreten, die der sofortigen operativen Intervention bedarf.

Schwere Atemnot bei der Geburt, verbunden mit Zyanose, einem kahnförmigen Abdomen und faßförmigen Thorax lassen den Verdacht auf eine Zwerchfellhernie aufkommen. Die Röntgenaufnahme zeigt intraabdominellen Inhalt im Thorax und Verschiebung des Mediastinums zur Gegenseite.

Vordringliche Maßnahmen bei Zwerchfellhernien sind Dekompression des Magens mit einer Magensonde sowie endotracheale Intubation und künstliche Beatmung. Die Beatmung muß der bestehenden Situation unter Vermeidung starker Druckspitzen (max. 25–30 cm H₂O) angepaßt werden, um einen Pneumothorax zu vermeiden. Man sollte nicht versuchen, die meist hypoplastische Lunge der betroffenen Seite durch hohe Beatmungsdrücke auszudehnen. Da nur die Lunge der Gegenseite einen effektiven Gasaustausch ermöglicht, müßte ein Pneumothorax in diesem Bereich katastrophale Folgen auslösen. Jeder Abfall des p_aO₂ muß an das Bestehen eines Pneumothorax denken lassen, bis das Gegenteil bewiesen ist. Der operative Eingriff kann meist über einen abdominalen Zugang erfolgen, in Einzelfällen kann aber auch eine Thorakotomie notwendig sein.

Anästhesie. Die Anästhesie bei Neugeborenen mit Zwerchfellhernie beginnt mit der endotrachealen Intubation nach Oxygenierung im wachen Zustand des Kindes. Zusätzlich zum Routinemonitoring sollte die rechte A. radialis oder eine Temporalarterie (präduktale Arterie) zur Messung von p_aO₂, pH und Blutdruck kanüliert werden; N₂O ist wegen der möglichen Diffusion in die Darmschlingen zu vermeiden. Bei der künstlichen Ventilation sollten Druckspitzen von > 30 cm H₂O nicht überschritten werden. In der postoperativen Phase ist eine besondere Kontrolle der Atemwege erforderlich, die durch Hochdrängung des Zwerchfells infolge Kompression des Bauchinhalts wahrscheinlich ist. Plötzliche Verschlechterungen des Allgemeinbefindens gehen oft auf eine Rückkehr zur fetalen Zirkulation zurück (Sauerstoffdifferenz zwischen prä- und postduktaler Arterie > 20 mm Hg). Die Prognose des Neugeborenen mit Zwerchfellhernie ist im wesentlichen abhängig vom Grad der pulmonalen Hypoplasie.

11.15.4.2 Ösophagusatresie, Ösophagoatrachealfistel

Es gibt 5 Typen einer Ösophagusatresie in Verbindung mit einer Ösophagoatrachealfistel.

- Typ A: Ösophagusatresie ohne Fistel
- Typ B: Ösophagusatresie, Verbindung zwischen oberem Ösophagussegment und Trachea.
- Typ C: Ösophagusatresie mit blind endendem oberem Ösophagussegment und Verbindung zwischen unterem Ösophagussegment und Trachea.
- Typ D: Ösophagusatresie mit Verbindung zwischen oberem und unterem Ösophagussegment und Trachea.
- Typ E: Es besteht keine Atresie; aber eine Verbindung zwischen Ösophagus und Trachea.

Schaumiger Speichel in Mund und Nase läßt eine ösophagoatracheale Mißbildung vermuten. Entscheidend ist, ob sich ein Katheter in den Magen vorschieben läßt oder nicht. In 30–50% der Kinder kommen Begleit anomalies vor.

Am häufigsten kommen ein blind endender oberer Ösophagus und eine Fistel zwischen Trachea und distalem Ösophagus vor. Neugeborene mit dieser Mißbildung weisen regelmäßig respiratorische Störungen – zumeist eine Pneumonie – auf, weil entweder Magensaft in die Lunge eingedrungen oder der Magen durch Atemluft überbläht ist. Primär sollte eine Drainage des Magens durch Gastrostomie erfolgen. Die definitive Korrektur der Mißbildung wird 48–72 h danach durchgeführt und erfordert eine rechtsseitige Thorakotomie zur Fistelligatur und Reanastomosierung des Ösophagus, evtl. durch Interposition von Kolon. Die anästhesiologischen Probleme entsprechen dem Vorgehen bei thoraxchirurgischen Eingriffen (s. 10.14) [450]. Schwierigkeiten können bei der zuverlässigen Platzierung des endotrachealen Tubus auftreten, da der Tubus möglichst unterhalb der Fistel, aber oberhalb der Karina plaziert werden sollte. In der Regel befindet sich die Fistel 1–2 cm oberhalb der Karina. Da ein Ösophagusstethoskop nicht verwendet werden kann, sollte das Stethoskop an der linken Thoraxwand befestigt werden.

Anästhesie. In der Regel wird die Anästhesie bei Ösophagoatrachealfistel mit einem Inhalationsnarkotikum durchgeführt, wobei die Verwendung von N₂O wegen seiner Diffusion in den Intestinaltrakt kritisch betrachtet werden muß. Die ausschließliche Verwendung von Sauerstoff als Trägergas muß jedoch die Möglichkeit einer Retinaschädigung berücksichtigen, so daß sich die Zumischung von Luft empfiehlt. Das Monitoring sollte um direkte Blutdruckmessung und gleichzeitige Gewinnung arterieller Blutproben erweitert werden.

Die bei Neugeborenen mit Ösophagoatrachealfistel fast regelmäßig zu beobachtende Minderentwicklung der Trachealknorpel kann im postoperativen Verlauf zum Trachealkollaps führen, so daß eine besondere Kontrolle der Ventilation erforderlich ist. Als erster Schritt der operativen Korrektur wird eine Gastrostomie durchgeführt. Die endgültige Versorgung erfolgt in linker Seitenlage mit Zugang im 4. oder 5. ICR unter dem rechten Schulterblatt.

11.15.4.3 Intraabdominale Mißbildungen

Alle Mißbildungen im Abdominalbereich (z.B. Malrotationssyndrom, Invagination, Volvulus, Omphalozele, Gastroschisis) bringen das Problem des vollen Magens, der Dehydratation, des Temperaturabfalls und einer Alkalose mit sich. Die

Narkose sollte deshalb erst dann eingeleitet werden, wenn eine ausreichende Infusionstherapie und die Korrektur der homöostatischen Störungen erfolgt ist. Wärmeverluste durch den ausgelagerten Bauchinhalt sollten durch Abdecken mit warmen Tüchern verhindert werden. Lachgas sollte mit entsprechender Zurückhaltung verwendet werden, um eine übermäßige Blähung der Darmschlingen auszuschließen. Große Mengen an Elektrolytlösungen (8–10 ml/kg KG/h) und Humanalbumin (5–10 ml/kg KG/h) müssen in der Regel infundiert werden. Da die Bauchhöhle unterentwickelt ist, kann der primäre Verschluss des Defekts die Zwerchfellbewegung und die Compliance der Lunge deutlich einschränken.

Anästhesie. Die Anästhesie beginnt in der Regel mit der Intubation des wachen Kindes. Zur Durchführung der Anästhesie werden Inhalationsnarkotika bevorzugt. Hinsichtlich der Sauerstoffapplikation gelten die gleichen Empfehlungen wie bei der Zwerchfellhernie. MR sollten möglichst zurückhaltend eingesetzt werden, auch um zu prüfen, ob die zurückgelagerten Darmschlingen die Atmung zu stark einschränken. Wenn ein primärer Bauchwandverschluss nicht möglich ist, muß ein temporärer Verschluss mit Dacrongewebe erfolgen. Postoperative Respiratortherapie oder CPAP sind in der Regel erforderlich. Intensives intra- und postoperatives Monitoring unter Einschluß invasiver Maßnahmen zur Blutdruck- und Blutgaskontrolle sind zu empfehlen.

11.15.4.4 Pylorusstenose

Das Kind mit typischer Pylorusstenose ist ein 3–6 Wochen alter männlicher Säugling mit zunehmendem Erbrechen in der Anamnese. Das Erbrechen verursacht Dehydratation, metabolische Alkalose und u. U. Hypokaliämie. Diese Dysregulationen sollten präoperativ korrigiert werden. Vor der Narkoseeinleitung sollte der Magen mit einer dicklumigen Magensonde entleert werden (Aspirationsgefahr hoch). Da der operative Eingriff nur kurz ist, werden nur geringe Dosen dMR benötigt.

Anästhesie. Da die Aspirationspneumonie eine häufige Komplikation der Pylorusstenose ist, sollte der Magen vor der Narkoseeinleitung entleert werden. Die Intubation erfolgt bei wenig lebhaften Kindern am zweckmäßigsten im Wachzustand des Kindes, bei lebhafteren durch intravenöse Narkotika oder Inhalationsnarkotika. Zur Aufrechterhaltung der Narkose sind Inhalationsnarkotika geeignet. Da postoperativ häufig Atemdepressionen beobachtet werden, sollten die Kinder vor der Extubation wach und im Vollbesitz ihrer Reflexe sein.

11.15.4.5 Lobäres Emphysem

Eine Ursache für die Ateminsuffizienz des Neugeborenen kann das lobäre Emphysem sein. Das Krankheitsbild entsteht durch Knorpelhypoplasie mit Bronchialkollaps, sowie Bronchialstenose durch Schleim, obstruierende Zysten oder komprimierende Gefäße. Am häufigsten sind die Oberlappen und der rechte Mittellappen betroffen. Der überdehnte Lungenlappen komprimiert das normale Lungengewebe und behindert den venösen Rückstrom. Infolge des Ventilmechanismus des Bronchus kommt es zum „air-trapping“. Unter „Air-trapping“ versteht man die Bildung von Luftkissen in den Lungenalveolen nach tiefer Einatmung.

Anästhesie. Bei der Durchführung einer Anästhesie bei lobärem Emphysem müssen die kardiovaskulären und pulmonalen Veränderungen berücksichtigt werden, die bei der mechanischen Ventilation auftreten können. Lachgas ist weitgehend zu vermeiden, weil seine Diffusion in den erkrankten Lungenlappen eine weitere Ausdehnung verursachen kann. Im postoperativen Verlauf ist in der Regel eine Respiratortherapie angezeigt.

11.15.4.6 Hydrozephalus

Ein Hydrozephalus entsteht durch Erweiterung zerebraler Ventrikel und Anstieg des intrakraniellen Drucks infolge Vermehrung zerebrospinaler Flüssigkeit. Nach dem Vorhandensein eines Abflußmechanismus unterscheidet man den kommunizierenden vom obstruktiven Hydrozephalus. Die klinischen Zeichen des Hydrozephalus sind abhängig vom Alter des Kindes und der Geschwindigkeit, mit der sich der Hydrozephalus entwickelt hat. Der angeborene Hydrozephalus zeigt eine abnormale Vergrößerung des Kopfes, v.a. im frontalen Bereich, Erweiterung der Kopfschwartennen und dünne durchscheinende Haut. Später einsetzender Hydrozephalus kann in der Regel nicht mit einer Schädelvergrößerung einhergehen und zeigt demzufolge einen signifikanten Anstieg des ICP. Die Therapie beider Formen des Hydrozephalus erfordert die operative Anlage eines ventrikuloatrialen Shunts. Dabei wird das distale Ende des Katheters in den rechten Vorhof eingebracht.

Anästhesie. Die Auswahl der für die Anästhesie verwendeten Medikamente und Methoden richtet sich nach dem Vorhandensein einer intrakraniellen Drucksteigerung. Bei Kindern mit normalem ICP ist die Einleitung der Narkose mit Thiopental und Succinylcholin zur Intubation sowie die Aufrechterhaltung der Narkose mit Inhalationsnarkotika und N₂O geeignet. Es muß beachtet werden, daß die Entlastung eines Ventrikels häufig zu einem plötzlichen Blutdruckabfall führt. Darüber hinaus können Luftembolie und erhöhter Blutverlust bei Eröffnung einer großen Halsvene auftreten. Die Patienten sollten postoperativ mit erhöhtem Kopf gelagert werden, um eine freie Drainage der Zerebrospinalflüssigkeit zu ermöglichen.

11.15.4.7 Myelomeningozele

Kinder mit Myelomeningozele haben in der Regel motorische und sensorische Ausfälle. Oft bestehen zusätzliche angeborene Anomalien, wie Klumpfuß, Hydrozephalus, Hüftgelenksluxation und Herzfehler. Diese Kinder können schwere Störungen im Bereich des Harntrakts entwickeln, die harnableitende Maßnahmen (z. B. Vesikotomie, Ureterotomie) erfordern. Wenn die Kinder älter werden, kommen orthopädische Eingriffe hinzu. Das Fehlen von Haut, die eine Myelomeningozele bedeckt, führt zum Infektionsrisiko und macht die operative Intervention innerhalb weniger Stunden nach der Geburt erforderlich.

Anästhesie. Wenn die Operation nicht in Regionalanästhesie erfolgen kann, wird sie als Allgemeinanästhesie nach endotrachealer Intubation im Wachzustand mit Inhalationsnarkotika durchgeführt. MR sollten nur in geringer Dosis verabreicht werden. Postoperativ sollte das Kind in der aufrechten Position gehalten werden; besondere Aufmerksamkeit ist der Vermeidung eines Anstiegs des ICP zu widmen.

11.15.4.8 Lippen- und Gaumenspalte

Lippen- und Gaumenspalten gehören zu den häufigsten angeborenen Anomalien, die im frühen Kindesalter einer operativen Korrektur bedürfen. Ungefähr 50% der Kinder haben sowohl Lippen- als auch Gaumenspalten. Vordere Gaumenspalten beruhen auf einer ungenügenden Einwanderung mesodermaler Anteile. Hintere

Gaumenspalten entstehen, wenn die Gaumenwülste medial nicht in Kontakt treten und verschmelzen. Die höchste Inzidenz findet man bei Orientalen (1,61/1000), während die geringste Inzidenz bei der schwarzen amerikanischen Bevölkerung (0,3/1000) beobachtet wird. Außerdem zeigen diese Kinder häufig weitere angeborene Anomalien, insbesondere Herzfehler. Kinder mit Lippen- und Gaumenspalten leiden an erheblichen Ernährungsproblemen mit Schluckbeschwerden, die oft Ursachen von Aspiration und bronchopulmonalen Infektionen sind. Die mit der Erkrankung einhergehende Störung der Nahrungsaufnahme kann zu Anämie und anderen durch Mangelernährung verursachten Folgezuständen führen. Außerdem bestehen erhebliche Sprachprobleme, die u. a. zu psychologischen Veränderungen führen können. Die operative Therapie der Lippenspalten beruht auf der Durchführung der Z-Plastik, die Therapie der Gaumenspalten auf den verschiedenen Methoden der Gaumenplastik nach entsprechender Gewebsmobilisation. Während Lippenplastiken bei Kindern im Alter von 3 Monaten durchgeführt werden (Zehnerregel: Hb mindestens 10g%, Lebensalter 10 Wochen, Körpergewicht 10 Pfund), werden Gaumenspalten erst im 2.-4. Lebensjahr korrigiert.

Anästhesie. Die Einleitung der Narkose bei Kindern mit Lippen- oder Gaumenspalten hängt im wesentlichen vom Zustand der Atemfunktion ab. So kann z. B. die Narkoseeinleitung bei Kindern, die keine zusätzlichen Beeinträchtigungen der Atmung zeigen, durchaus mit intravenösen Barbitursäurepräparaten und Succinylcholin erfolgen. Im Gegensatz dazu sollte bei Kindern mit Begleit-anomalien, z. B. Pierre-Robin-Syndrom, die Narkoseeinleitung mit einem Inhalationsnarkotikum erfolgen. Bei Kindern mit Spaltbildungen im Lippen- und Gaumenbereich kann die Intubation schwierig sein, wenn das Blatt des Laryngoskops in den Gewebespalt eindringt und dann nicht mehr einwandfrei benutzt werden kann. Dieses Problem läßt sich jedoch durch Tamponade des Gewebedefekts mit Verbandsmull oder anderen Geweben lösen. Wenn eine nasotracheale Intubation nicht möglich ist, sollte der orotracheale Tubus in der Mittellinie der Unterlippe befestigt werden, um Verziehungen der Gesichtsanatomie zu vermeiden. Die Aufrechterhaltung der Narkose erfolgt am zweckmäßigsten mit Inhalationsnarkotika und N₂O. Es muß berücksichtigt werden, daß der Operateur in der Regel adrenergische Lösungen von Lokalanästhetika in das Operationsgebiet injiziert. Die Freihaltung der Atemwege ist wegen der Möglichkeit einer häufigen Dislokation des Tubus erschwert. Deshalb ist eine ständige Kontrolle des Atemgeräusches am Thorax durchzuführen. Ebenso ist ein guter Schutz der Hornhaut des Auges erforderlich. Da postoperative Störungen der Atmung nach Gaumenplastiken relativ häufig sind, empfiehlt sich die Einbringung eines Fadens in die Zunge. Bei postoperativer Atemwegsverlegung kann die Atemwegsobstruktion durch Hervorziehen der Zunge schnell beseitigt werden.

11.15.4.9 Pierre-Robin-Syndrom

Das Pierre-Robin-Syndrom besteht aus Mikrognathie, Glossoptosis und Gaumenspalte. Die Hypoplasie der Mandibula führt zu einer Verlagerung der Zunge in den Pharynx, die häufig eine Verlegung der Atemwege verursacht. Die Kinder sind durch Ernährungsprobleme und Störungen des Gasaustausches besonders gefährdet. Die endotracheale Intubation ist häufig sehr erschwert, manchmal sogar unmöglich.

Anästhesie. Die Durchführung einer Anästhesie bei Kindern mit Pierre-Robin-Syndrom erfordert eine sorgfältige Vorbereitung, um den möglichen Problemen der Atemwegsfreihaltung zu begegnen. Die Gabe eines Anticholinergikums empfiehlt sich, um die Sekretion im Bereich der oberen Atemwege zu reduzieren. Atemdepressive Medikamente sollten in der Prämedikation nicht verwendet werden. Zur Prophylaxe einer Aspirationspneumonie erscheint die orale Cimetidingabe (7,5 mg/kg KG) sinnvoll. Die Intubationsversuche sollten nach Möglichkeit im Wachzustand des

Kindes durchgeführt werden. Wenn dies nicht gelingt, kann eine Inhalationsnarkose vorausgehen. Die endotracheale Intubation kann durch Vorwärtsziehen der Zunge mit einer Tuckklemme erleichtert werden. Wenn alle Intubationsversuche fehlschlagen, wird eine Tracheotomie erforderlich. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß die Durchführung einer Tracheotomie bei Kindern schwierig ist und vielerlei Komplikationsmöglichkeiten beinhaltet. Auch im postoperativen Verlauf bedarf die Atemwegsfreihaltung besonderer Aufmerksamkeit.

Das Treacher-Collins-Syndrom ist eine kongenitale Genanomalie, die autosomal dominant bei unterschiedlicher Dominanz und Expressivität vererbt wird. Häufige Symptome des Syndroms sind Einziehungen der Augenlider und eine Hypoplasie der Backenknochen. Das vollständige Syndrom manifestiert sich in Form einer antimongoloiden Stellung der Augenlider, einer Hypoplasie des Gesichtsschädels, der Backenknochen und der Kieferknochen, einer Einziehung der äußeren Anteile der Unterlider (Kolobom), einer Mißbildung des äußeren Ohres, die gelegentlich auch das Mittelohr und Innenohr betrifft, einer Makrostomie mit hohem Gaumen, einem abnormen präaurikulösen Haaransatz, blind endendem Grübchen oder Fisteln im Bereich der Mundwinkel und Defektbildungen des Skelettsystems. Anästhesie wie oben.

11.15. 4.10 Störungen der oberen Atemwege

Zahlreiche pathologische Prozesse können die oberen Atemwege und das bronchopulmonale System des Kindes betreffen. Dazu zählen Epiglottitis, Laryngotracheobronchitis, Fremdkörperaspiration, laryngeale Papillomatose und das Postintubationsödem.

Epiglottitis. Die Epiglottitis tritt gewöhnlich mit charakteristischen Symptomen auf (Tab. 11.21). Allerdings können diese Zeichen zeitweise fehlen, so daß es schwierig ist, die Epiglottitis von der Laryngotracheobronchitis zu differenzieren. In der Regel ist ein Kind mit Epiglottitis 2–6 Jahre alt und zeigt nach akutem Beginn Schwierigkeiten beim Schlucken, hohes Fieber und inspiratorischen Stridor. Diese Symptome entwickeln sich innerhalb von 24 h. Die Stimme ist dumpf, die Kinder sitzen nach vorn geneigt im Bett und zeigen Atemnot. Die auslösende Ursache der Epiglottitis ist häufig der Haemophilus influenza.

Die Therapie der Epiglottitis besteht in endotrachealer Intubation oder Notfalltracheotomie. Dabei muß berücksichtigt werden, daß es jederzeit zu einer kompletten Atemwegsobstruktion durch Ödem oder Laryngospasmus bzw. zu einer Erschöpfung der Atemmuskulatur kommen kann. Die endotracheale Intubation sollte nach Applikation von Inhalationsnarkotika mit hohen Sauerstoffkonzentrationen durchgeführt werden. Die Narkoseeinleitung beginnt in der Regel am sitzenden Kind. Nach Eintritt der Bewußtlosigkeit wird das Kind in Rückenlage gebracht. Nach Möglichkeit sollte eine nasotracheale Intubation erfolgen. Die definitive Behandlung der Epiglottitis erfordert Antibiotika (Ampicillin, Chloramphenicol). In der Regel kann der endotracheale Tubus nach 2–3 Tagen wieder entfernt werden. Kriterien für die Extubation sind Rückgang der Körpertemperatur, Abfall der Leukozytenzahl und Leckage um den Tubus. Die Extubation sollte an einem Ort erfolgen, an dem eine erneute Intubation mit allen Sicherheitsvorkehrungen erfolgen kann.

Laryngotracheobronchitis (Croup). Bei der Laryngotracheobronchitis handelt es sich um eine Virusinfektion des oberen Respirationstrakts, die v. a. Kleinkinder unter 2 Jahren betrifft. Die Laryngotracheobronchitis hat einen langsam zunehmenden Beginn über 2–3 Tage. Sie beginnt mit Rhinitis und mittlerem Fieber. Die Leukozytenzahl ist normal oder nur leicht erhöht; es besteht jedoch eine Lymphozytose. Der Husten ist bellend oder klingt metallisch. Die Therapie der Laryngotracheobronchitis umfaßt die Applikation von Sauerstoff, die Befeuchtung der Inspirationsluft und aerolisierte Broncholytika. Die endotracheale Intubation wird erforderlich, wenn die Atmung des Patienten unzureichend wird und/oder der $p_a\text{CO}_2$ ansteigt.

Tabelle 11.21. Differentialdiagnostische Kriterien bei Epiglottitis und Laryngotracheobronchitis

Kriterium	Epiglottitis	Laryngotracheobronchitis
Altersgruppe	2–6 Jahre	< 2 Jahre
Häufigkeit	< 5% der Kinder mit Stridor	80% der Kinder mit Stridor
Ätiologie	Bakteriell	Viral
Einsatz der Symptome	Schnell in < 24 h	Langsam über 24–72 h
Zeichen und Symptome	Inspiratorischer Stridor, Pharyngitis, Geifern, Fieber (> 39 °C), Lethargie, Unruhe, Aufwärtssitzen und Nachvornbeugen, Tachypnoe, Zyanose	Inspiratorischer Stridor, Krupp-Husten, Rhinorrhö, Fieber selten über 39 °C
Labor	Neutrophilie	Lymphozytose
Laterale Radiographie	Geschwollene Epiglottis	Verengung des subglottischen Areal
Therapie	O ₂ , sofort Intubation, Flüssigkeit, Antibiotika, Kortikosteroide	O ₂ , Aerosol mit razemischem Epinephrin, Flüssigkeit, Kortikosteroide, Intubation bei schwerer Atemwegsobstruktion

Fremdkörperaspiration. Fremdkörperaspiration kann die unterschiedlichsten Symptome zeigen. So kann z. B. bei kompletter Obstruktion zwischen Larynx und Trachea der Tod durch Asphyxie erfolgen. Andererseits kann die Passage eines Fremdkörpers in die distalen Atemwege völlig asymptomatisch verlaufen. Kinder zwischen 1–3 Jahren erleiden am häufigsten Fremdkörperaspirationen.

Die allgemeinen klinischen Zeichen der Fremdkörperaspiration sind Husten, pfeifender Atem und Mangelbelüftung betroffener Lungenabschnitte. Am häufigsten wird der rechte Bronchus von einer Fremdkörperaspiration betroffen. Kontrastgebende Fremdkörper können radiographisch nachgewiesen werden, bei nichtkontrastgebenden Fremdkörpern kann ein indirekter Nachweis durch Überblähung der betroffenen Lunge mit Atelektase distal des Fremdkörpers erbracht werden.

Die Therapie der Fremdkörperaspiration erfolgt durch endoskopische Entfernung, die innerhalb 24 h erfolgen sollte.

Anästhesie. Die Narkoseeinleitung sollte am zweckmäßigsten mit einem Inhalationsnarkotikum erfolgen. Die Einführung des Bronchoskops sollte erst nach Behandlung der Atemwege mit Lidocainspray durchgeführt werden, um Laryngospasmen zu vermeiden. Die intravenöse Gabe von Atropin ist angezeigt, wenn Bradykardie durch Vagusstimulation auftritt. MR sollten nach Möglichkeit nicht verabreicht werden, damit durch den positiven Beatmungsdruck der Fremdkörper nicht in die Peripherie gedrängt wird. Des Weiteren kann bei Vorliegen eines Ventilmechanismus die positive Druckbeatmung eine Überblähung der Lunge mit der Gefahr eines Pneumothorax verursachen. Die Gabe eines dMR kann erforderlich werden zur Entfernung des Bronchoskops oder des Fremdkörpers, v. a. wenn dieser im Verhältnis zur Stimmritze zu groß ist. Nach der Fremdkörperentfernung sollte eine Röntgenkontrolle des Thorax erfolgen.

Larynxpapillome. Papillome des Larynx sind die häufigsten gutartigen Tumoren des Kindesalters. Sie entstehen in der Regel nach Virusinfektionen des Respirationstrakts und werden durch Sprachveränderungen entdeckt. In der Pubertät bilden sich die Papillome i. allg. zurück. Größere Papillome müssen jedoch durch kryochirurgische Maßnahmen oder Laserkoagulation entfernt werden.

Anästhesie. Die Wahl des Anästhesieverfahrens für die Entfernung von Larynxpapillomen hängt von der Schwere der Atemwegsobstruktion ab. Bei schwerer Atemwegsobstruktion sollte die endotracheale Intubation im Wachzustand oder nach Applikation von Inhalationsnarkotika unter hohen Sauerstoffkonzentrationen erfolgen. Der endotracheale Tubus sollte so dimensioniert sein, daß

ausreichend Platz für die chirurgische Manipulation bleibt. Bei Anwendung mikrolaryngoskopischer Maßnahmen müssen die Stimmbänder durch MR ruhiggestellt werden. Die vorherige intravenöse Procaingabe (1 mg/kg KG/min) ist zur Verbesserung der Operationsbedingungen geeignet. Bei Verwendung der Laserkoagulation sollte das distale Ende des Tubus mit einem metallischen Pflaster geschützt sein, um die Zerstörung des Tubus durch Laserstrahlen zu verhindern. Der Tubus sollte erst entfernt werden, wenn das Kind voll erwacht ist und die Larynxblutung aufgehört hat.

Postintubationsödem (s. 12.3.1)

11.15.4.11 Tumoren

Solide Tumoren, die in der Kindheit auftreten, haben ihren Ursprung vorwiegend im intraabdominalen oder retroperitonealen Bereich. Dabei handelt es sich v. a. um Neuroblastome und Nephroblastome.

Neuroblastome. Neuroblastome stammen von malignen Proliferationen sympathischer Ganglienzellen ab. Sie zeigen sich am häufigsten bei Kindern mit einem Lebensalter von < 1 Jahr. Die Kinder fallen durch eine zunehmende Auftreibung des Abdomens auf, die von den Eltern bemerkt wird. Bei der klinischen Untersuchung tastet man einen großen, festen, knotigen, manchmal schmerzhaften Tumor, der gewöhnlich an die umgebende Struktur fixiert ist. Im intravenösen Pyelogramm zeigt sich eine extrarenale Masse, die die Niere nach unten und zur Seite verdrängt. Eine Arteriographie erlaubt die Feststellung der Lokalisation, der Verwachsung mit Blutgefäßen und der Operabilität. Die Harnausscheidung von Vanillinmandelsäure ist bei der Mehrzahl der Kinder mit Neuroblastom erhöht. Die Therapie des Neuroblastoms besteht in der operativen Entfernung des Tumors einschließlich der Metastasen und betroffener Lymphknoten. Außerdem reagieren Neuroblastome auf Strahlen und Chemotherapie.

Das anästhesiologische Vorgehen entspricht den Maßnahmen, die bei Nephroblastom dargestellt sind (s. dort).

Nephroblastom (Wilms-Tumor). Nephroblastome finden sich in einer Häufigkeit von 10% der soliden Tumoren im Kindesalter; sie werden v. a. im 3. und 4. Lebensjahr beobachtet. Nephroblastome zeigen eine asymptomatische Flankenverdickung bei einem sonst gesunden Kind. Die Verdickung wird zufällig von den Eltern oder einem Arzt entdeckt. Der Tumor ist gewöhnlich fest, nicht an der Umgebung fixiert und nicht druckempfindlich. In seltenen Fällen kommt es zum Anstieg des Blutzuckers. Die Röntgenaufnahme des Abdomens zeigt die Vergrößerung der Niere; die intravenöse Pyelographie die Verlagerung des Nierenbeckens und gelegentlich eine stumme Niere. Mit Hilfe von Arteriographie und Venographie kann die Größe des Tumors und seine Verbindung mit größeren Blutgefäßen identifiziert werden. Die Therapie besteht in der Nephrektomie mit oder ohne nachfolgende Bestrahlung oder Chemotherapie. Große Tumoren erfordern manchmal eine radikale En-bloc-Resektion unter Mitnahme eines Teils der V. cava inferior, des Pankreas, der Milz und des Zwerchfells.

Anästhesie. Kinder mit Nephroblastom oder Neuroblastom befinden sich in Abhängigkeit von der Dauer der Erkrankung in unterschiedlichem Allgemeinzustand. Kinder mit großen Tumoren weisen meist eine Anämie auf, die vor dem operativen Eingriff ausgeglichen sein sollte. Ebenso sollten die Gerinnungsfunktion des Bluts sowie der Wasser-, Elektrolyt- und Säure-Basen-Haushalt überprüft und korrigiert sein. Da bei der Operation mit größeren Blutverlusten zu rechnen ist, sollte ein erweitertes und invasives Monitoring (ZVD, arterieller Katheter, Harnkatheter) durchgeführt werden. Darüber hinaus sollten mehrere intravenöse Zugangswege verfügbar sein, die bevorzugt an den oberen Extremitäten und der V. jugularis lokalisiert sein sollten, weil während der Operation u. U. die V. cava inferior ligiert oder reseziert werden muß.

Die Einleitung der Anästhesie muß die Möglichkeit einer Aspiration von Mageninhalt infolge gastrointestinaler Kompression durch den Tumor berücksichtigen. Neben akuter Hypotension kann es infolge Katecholaminsekretion zur Hypertension kommen, denen entsprechend begegnet werden muß. Zur Narkoseeinleitung sind intravenöse Narkotika und Succinylcholin sowie Inhala-

tionsnarkotika gleichermaßen geeignet. Die Aufrechterhaltung der Narkose wird am besten mit Inhalationsnarkotika und N₂O erfolgen. Gute Muskelrelaxation ist zur Optimierung der chirurgischen Maßnahmen erforderlich. Der Magen sollte über eine Magensonde ständig entleert werden.

11.15.4.12 Siamesische Zwillinge

Siamesische Zwillinge werden so behandelt, als handele es sich um zwei selbständige Individuen (zwei Anästhesisten!). Wegen der außergewöhnlichen anatomischen und operativen Situation bei diesem Eingriff ist es ratsam, die Trennung erst im späteren Säuglingsalter vorzunehmen. Die sofortige Trennung siamesischer Zwillinge ist allerdings angezeigt, wenn ein Partner bereits verstorben oder wenn das Leben eines der Zwillinge durch den anderen bedroht ist. Spezielle Empfehlungen für die Durchführung von Anästhesien bei siamesischen Zwillingen müssen Lehrbüchern der Kinderanästhesie entnommen werden [85, 106, 226].

Angeborene Herzfehler (s. 10.1.3.1).

11.16 Verbrennungen

Die Verbrennung ist eine durch Einwirkung unphysiologischer Hitzegrade hervorgerufene Verletzung. Sowohl der Akt der Hitzeeinwirkung als auch ihre Folgen werden als Verbrennung bezeichnet. Arten der Hitzeeinwirkung können sein: heißes Wasser, Wasserdampf, Explosionen, heiße Gegenstände, elektrothermische und thermonukleare Einwirkungen. Zur Verbrennung kommt es, wenn die physiologische Wärmeregulation der Haut innerhalb eines relativ engbegrenzten Temperaturbereichs erschöpft ist. Neben der Art der Hitzeeinwirkung wird die Intensität einer thermischen Schädigung von der in der Zeiteinheit zugeführten Wärmemenge, also von der Höhe der Temperatur und ihrer Einwirkungsdauer bestimmt. Die Schmerzrezeptoren der Haut werden bei einer Temperatur von 47 °C erregt, die Haut reagiert mit einem Erythem. Blasen treten bei einer Temperatur von 55 °C auf. Das Protein lebender Zellen wird bei Temperaturen zwischen 50–55 °C irreversibel geschädigt. Höhere Temperaturen führen zur vollständigen Zerstörung organischer Strukturen bis zur Verkohlung.

Der Patient mit schweren Verbrennungen befindet sich in einem hyperkatabolen Zustand, dessen Intensität zur Ausdehnung der Verbrennung in direkter Beziehung steht. Die ausgeprägten Wasser-, Plasma- und Blutverluste führen zu hämodynamischen Dysregulationen und Störungen im Elektrolyt- und Wasserhaushalt. Infektionen sind regelmäßige Begleiterscheinungen der Verbrennung.

Die Überlebenschancen dieser Kranken sind weitgehend vom Lebensalter des Patienten, der Schwere der Verbrennungen und den Begleitverletzungen abhängig. Ein günstiger Ausgang ist nur dann zu erwarten, wenn die Summe aus Lebensalter und prozentualer Ausdehnung der Verbrennung 2. und 3. Grades nicht höher als 100 ist. Patienten mit frischen Verbrennungen benötigen vorrangig Infusionstherapie, Sauerstoff und Analgetika. Die Lokalisation der Verbrennung kann die Durchführung therapeutischer Maßnahmen (Venepunktion, Narkoseeinleitung, Intubation) erheblich erschweren [40, 46, 107, 320, 377, 378, 414, 490, 536].

11.16.1 Pathophysiologie der Verbrennung

Die Hauptaufgaben der Haut bestehen in der Aufrechterhaltung des normalen Elektrolyt- und Wasserhaushalts, in einer Schutzfunktion gegen bakterielle Invasion und in der Thermoregulation. Bei Verlust dieser Eigenschaften erleidet der Organismus zusätzliche Störungen der Nierenfunktion sowie gastrointestinale, endokrine, rheologische und immunologische Veränderungen.

11.16.1.1 Störungen der Thermoregulation

Ohne den Schutz der intakten Haut verliert der Organismus große Mengen an Wärme und Flüssigkeit. Der Verbrannte steigert seine Haut- und Kerntemperatur über den Normalbereich, unabhängig von der Umgebungstemperatur. Die thermoregulatorische Funktion der Haut (Vasoaktivität, Schwitzen) ist durch die thermische Verletzung aufgehoben. Die Gefäßpermeabilität nimmt sowohl am Ort der Verbrennung als auch in entfernteren Gebieten zu. Dafür verantwortlich sind die Aktivierung des Komplementsystems, der Thrombozyten, des Fibronektins und anderer zirkulierender Faktoren. Protein und elektrolythaltige Flüssigkeit werden über die verbrannte Haut und in das Interstitium verloren, da die Haut nicht mehr als wirksame Barriere funktioniert (Wasserverlust ca. 3000 ml/Tag/m² KOF, Albuminverlust = doppelter Albumingehalt des Plasmas). Das Defizit an extrazellulärem Volumen wird weiter vergrößert durch die Aufnahme von Wasser und Natrium in das hitzgeschädigte Kollagen. Oberhalb einer kritischen Verbrennungsfläche, die beim Erwachsenen etwa bei 15% und beim Kind etwa bei 10% liegt, kann der Wasserverlust nicht mehr kompensiert werden, so daß eine zusätzliche Infusionstherapie erforderlich ist. Aufgrund des Wasserverlustes ergeben sich Hypovolämie, Hämokonzentration und interstitielles Ödem (gefährlich v. a. in der Lunge). Die ADH-Sekretion steigt an und verstärkt die Abnahme der Urinausscheidung, Natrium- und Albuminverluste erreichen beträchtliche Ausmaße. Erst etwa 36 h nach der Verbrennung ist die Kapillarintegrität wieder hergestellt, so daß Flüssigkeit aus dem Interstitium rückresorbiert werden kann. Proportional zur Ausdehnung der Verbrennung kommt es zur Steigerung des Stoffwechsels. Der Hypermetabolismus hält Wochen bis Monate nach der Verbrennung an. Dieser Anstieg erfolgt durch hohe Katecholamin- und Kortisolausscheidung. Der starke Wärmeverlust durch die Haut (bis zu 2500 kcal/m² KOF) verursacht eine hohe Wärmeproduktion, die über den Hypothalamus und die Katecholamine gesteuert wird. Die Erhöhung der Umgebungstemperatur von 22 auf 32 °C kann z. B. zu einer 25%igen Zunahme der Stoffwechselrate führen. Die Stoffwechselrate kann sich verdoppeln oder sogar verdreifachen. Die Versorgung mit Glukose und Glykogen kann nach 12 h unzureichend werden, so daß eine Neosynthese über Aminosäuren erfolgt. Die Syntheserate ist höher als der Verbrauch, so daß es zur Hyperglykämie kommt. Die Glukoseutilisation ist um 50% vermindert, wahrscheinlich durch nichtoxidative Prozesse bedingt. Dieser Weg schließt den Abbau zu Laktat oder zu Pyruvaten ein. Der Abbau von Muskelprotein erfolgt dabei sehr schnell. Die Fettutilisation ist ebenfalls höher als beim Normalen; die Plasmatriglyzeridspiegel sind bei schwerer Verbrennung extrem erhöht. Jedoch sind die Spiegel der nichtveresterten Fettsäu-

ren niedrig oder normal, was einen hohen Umsatz anzeigt. Außerdem wurde nachgewiesen, daß es sowohl beim Menschen als auch beim Tier zur Bildung eines myokardialen Depressor-Faktor (MDF) kommt.

Gastrointestinale Störungen. Bei Verbrennungen um >20% kommt es häufig zum paralytischen Ileus. Deshalb ist eine frühzeitige Magenentleerung über eine Magensonde angezeigt. Ebenso kommt es häufig zu Ulzerationen von Magen und Duodenum, so daß Antazida und Histaminantagonisten gegeben werden sollten. Nach der 2.-3. Woche kann es zum Auftreten einer Cholezystitis kommen.

Störungen der Nierenfunktion. Unmittelbar nach der Verbrennung nehmen HZV und intravasales Volumen ab und die Plasmakatecholamine steigen an. Dies verursacht eine Abnahme der Nierendurchblutung und der glomerulären Filtration, eine Aktivierung des Renin-Angiotensin-Aldosteron-Systems und eine gesteigerte Freisetzung von ADH. Dadurch kommt es zur Natrium- und Wasserretention und zum Verlust von Kalium, Kalzium und Magnesium. Das Harnvolumen sollte durch adäquate Infusionstherapie bei mindestens 1 ml/kg KG/h gehalten werden.

Elektrolytstörungen. Infolge von Gewebnekrose und Hämolyse kommt es während der ersten beiden Tage nach der Verbrennung zum Kaliumanstieg im Serum. Durch starke Kaliumverluste über die Niere tritt aber bald eine Hypokaliämie auf. Diarrhö und Absaugung von Magensaft verstärken die Kaliumverluste. Die Plasmakonzentration von ionisiertem Kalzium kann im weiteren Verlauf der Verbrennung vermindert sein, wodurch insbesondere bei Bluttransfusionen eine Ca-Substitution erforderlich wird.

Endokrine Störungen. Die endokrine Antwort auf thermische Verletzungen ist eine massive Ausschüttung von adrenokortikotropem Hormon (ACTH), ADH, Renin, Angiotensin, Aldosteron, Glukagon und Katecholaminen. Die Plasmakonzentration von Insulin kann erhöht oder vermindert sein. Sowohl Adrenalin als auch Noradrenalin steigen innerhalb von 8 h nach der Verbrennung auf Höchststraten an und bleiben dort etwa 4-5 Tage. Noradrenalin erfährt z. B. eine 26fache Erhöhung. Diese Konzentrationen verursachen eine intensive Vasokonstriktion der Haut- und Abdominalgefäße. Gelegentlich wird die Infusion von Vasodilatoren erforderlich, um die Gewebsperfusion zu verbessern. Kortisol bleibt etwa 3 Wochen erhöht. Bei den Schilddrüsenhormonen findet sich oft ein niedrig metabolisch aktives T₃. Die Gastrinpiegel sind hoch, besonders bei Schwerverbrannten. Dies wird z. B. durch den hohen Anteil von Magenblutungen dokumentiert. Die Insulinpiegel sind anfangs niedrig. Bei mittlerer Verbrennung steigen sie stark an, bei schweren können sie unverändert bleiben. Wahrscheinlich hindern die hohen Katecholaminspiegel die Insulinfreisetzung oder der Insulinabbau ist erhöht. Eine „Insulinresistenz“ mit Hyperglykämie trotz hoher Insulinpiegel ist normal. Verantwortliche Faktoren dafür können die erhöhten Katecholamin- und Kortisolpiegel sein sowie Veränderungen der Zellmembran und der nichtveresterten Fettsäuren.

Rheologische Veränderungen. Die Blutviskosität steigt unmittelbar nach der thermischen Schädigung an und bleibt mehrere Tage erhöht, sogar wenn der Hkt zur Norm zurückgekehrt ist. Die Plasmakonzentration von Fibrinogen, Faktor V und VIII sind mehrere Wochen lang erhöht. Dieser hyperkoagulable Status kann zur DIC führen. Nach thermischen Verletzungen erfolgt eine Suppression der Erythrozytenproduktion und eine Reduktion der Erythrozytenüberlebenszeit. Deshalb sind häufige Transfusionen von Erythrozyten erforderlich. Als Folge der Verbrennung - insbesondere bei Schäden durch elektrischen Strom - kann es zur Erythrozytendestruktion mit Hämoglobinämie oder -urie kommen, die eine Gabe von Bikarbonat, Diuretika und Frischplasma erforderlich machen. Der Gehalt an funktionsfähigen Erythrozyten nimmt vom Tage der Verbrennung an um etwa 8%/Tag ab [140, 180].

Immunologische Veränderungen. Nach Verbrennungen kommt es zu einer Depression des immunologischen Abwehrsystems. Monozytenfunktion, Lymphozytenaktivität sowie die neutrophile Abtötung von Bakterien sind vermindert, obwohl die Phagozytose wahrscheinlich normal ist. Komplement- und Immunglobulinpiegel sind initial vermindert, aber sie kehren bald zur Norm zurück. Ein Plasmahemmstoff ist wahrscheinlich verantwortlich für die Depression der Chemotaxis bei diesen Patienten. Septische Prozesse sind deshalb häufige Ursachen tödlicher Verläufe. Alle Personen, die bei der Behandlung verbrannter Patienten eingesetzt sind, müssen deshalb zu aseptischem

Arbeiten angehalten werden. Noch immer verursacht die Sepsis etwa 50% der Todesfälle. Die Hauptursachen sind die Verbrennungswunde, die Lunge und Katheter. Die Wirksamkeit der verschiedenen Maßnahmen zur Infektionsbehandlung (Antibiotika, künstliche Haut, Laminar-flow-Einheiten, Wundexzision usw.) ist nicht geklärt.

11.16.1.2 Lungenverletzungen durch Inhalation

Bei Patienten, die in geschlossenen Räumen Verbrennungen erlitten haben, besteht ein hohes Risiko von Lungenschäden. Diese betreffen v. a. die oberen Atemwege, die kleinen Atemwege und das Parenchym mit oder ohne Asphyxie oder CO-Intoxikation. Direkte thermische Schädigungen der Atemwege erfolgen jedoch mit Ausnahme von Dampf-inhalation nicht unterhalb der Stimmbänder. Die Inhalation von schwebenden Teilen (Rauch) und von toxischen Verbrennungsprodukten kann zur Pneumonie führen, die ähnlich wie die Aspirationspneumonie verläuft und ein beschwerdefreies Intervall von etwa 24 h zeigt. Restriktive Einschränkungen der Atmung können durch Thoraxwandverbrennungen entstehen. Dabei können Heiserkeit, Stridor, Salivation, Aphonie oder Ödem auftreten. Die Expektoration von Rußpartikeln kann den Parenchymschaden anzeigen. Deshalb können auch schon geringe Symptome eine frühe elektive Intubation notwendig machen. Die Tracheotomie beinhaltet ein höheres Risiko von pulmonalen Infektionen, besonders wenn der Hals verbrannt ist. Mit „low-pressure-cuffs“ gibt es nur noch wenige Indikationen für die Tracheotomie. Im Gegensatz dazu kann sich der Parenchymschaden sehr langsam entwickeln. Röntgen-Thorax und Blutgasanalysen sind wenig aussagekräftig; Xenon-Lungen-Scans sind geeigneter, mögliche pulmonale Veränderungen frühzeitig zu erkennen. Die Pathophysiologie des Parenchymschadens ist noch nicht restlos geklärt. Wahrscheinlich ist eine direkte Hitzeeinwirkung unterhalb der Atemwege nicht möglich (Reflexverschuß der Glottis, hohe Wärmekapazität der Lunge). Der Schaden kann direkt durch chemische Substanzen entstehen, er wird aber in den meisten Fällen Folge einer Kaskade systemischer Folgen sein, die durch die Inhalation gestartet werden. Diese umfassen die Aktivierung des Komplementsystems, die direkt die pulmonale Kapillarpermeabilität beeinflusst und indirekt durch Sequestration von Leukozyten in den Pulmonalkapillaren verursacht wird. Sequestrierte Leukozyten setzen Sauerstoff mit freien Radikalen frei, die lungentoxisch sind. Außerdem kann das Knochensystem an der gesteigerten Kapillarpermeabilität beteiligt sein. Die Surfactant-Aktivität ist geschädigt, entweder durch Schäden an den Typ-2-Pneumozyten, durch Interaktion mit schon sezerniertem Surfactant oder es ist verdünnt und weggespült durch Ödemflüssigkeit. Die Resistenz der geschädigten Lunge gegen Infektionen ist vermindert, sowohl durch lokale Schäden als auch durch die systemischen immunologischen Veränderungen. Die alveolären Makrophagen sind geschädigt, und die bronchiale ziliare Aktivität ist unzureichend. Dies alles führt zum klassischen ARDS. Hinzu kommt ein möglicher Schaden durch Flüssigkeitsüberladung in den Lungen, v. a. bei Myokardschäden infolge eines „myocardial depressant factor“. Die Behandlung mit künstlicher Beatmung unterscheidet sich nicht von anderen Formen des ARDS.

11.16.1.3 CO- und Zyanidintoxikation

Bei Bränden in geschlossenen Räumen besteht die Gefahr der Inhalation von CO und Zyanid. Je höher die COHb-Spiegel sind, um so niedriger ist die O₂-Transportkapazität des Hb. Symptome treten auf bei einem COHb-Spiegel von 15% (Kopfschmerz, Übelkeit, Angina pectoris), bei 25% können EKG-Veränderungen (ST-Senkung) auftreten, das Bewußtsein ist dann getrübt. Höhere Konzentrationen von COHb sind tödlich. Die oft beschriebene charakteristische rote Farbe von Schleimhäuten wird nur selten und gewöhnlich in extrem seltenen Fällen beobachtet. Nur die sofortige Gabe von 100%igem O₂ ist in der Lage, den COHb-Gehalt zu reduzieren. Die Halbwertszeit des COHb wird von 4 h auf 80 min reduziert. Bei 3 atü gelingt dies in 17–23 min.

Zyanid ist ein anderes hochtoxisches Material, das von brennenden Plastikgegenständen freigesetzt wird. Es ist schwer zu entdecken und sehr gefährlich. Zyanid bindet sich mit Zytochromoxidase a₃ und blockiert die Gewebsatmung. Natriumnitrat und Natriumthiosulfat sind oft therapeutisch verwendet worden. Hydroxycobalamine kann eine bessere und sicherere Alternative sein.

11.16.1.4 Elektrische Verbrennungen

Stromunfälle entstehen entweder durch direkte Berührung spannungsführender Teile mit Stromdurchtritt durch den Körper oder durch Lichtbogeneinwirkung. Elektrische Ströme können durch Umwandlung der elektrischen in thermische Energie schwere Verbrennungsschäden des Gewebes erzeugen. Die Menge der thermischen Energie, die an das Gewebe gelangt, hängt von der Stromspannung, dem Hautwiderstand und der Einwirkungsdauer ab. Die Mindestspannung, die notwendig ist, damit es zu einer Körperdurchströmung kommt, hängt vom Körperwiderstand ab. Sie beträgt etwa 70–100 V bei normalem Hautwiderstand (trockene Haut). Unter dieser Spannung können kleine Ströme mit Schädigungswirkungen fließen. Nach Erreichen des sog. Hautdurchbruchs bei 70–100 V kommt es zu einer Abnahme des Hautwiderstands. Der Hautwiderstand hängt ab von der Dicke der Verhornung und Feuchtigkeit der Haut. Die Bandbreite reicht von etwa 10² bis 10⁶ Ω. Der Gesamtkörperwiderstand setzt sich zusammen aus Haut- und Körperinnenwiderstand. Dieser Innenwiderstand ist relativ konstant, er hängt ab vom Stromweg und beträgt etwa 1200 Ω von Hand zu Hand.

Die Stromflußdauer ist v. a. bedeutsam für die thermischen Schäden im durchströmten Gewebe. Im Bereich niedriger Ströme (40–500 mA) sind Stromflußdauer und Stromeintrittszeit für die Herzwirkungen mit entscheidend.

Der Körper reagiert sehr unterschiedlich auf elektrischen Strom. Mit der Zunge kann man Stromstärken von 0,05 mA wahrnehmen. An der übrigen Haut liegt die Wahrnehmungsgrenze bei 0,5–1,0 mA. Die „Loslaßgrenze“ wird im Bereich von 10–20 mA erreicht. Darüber kommt es durch Krämpfe der durchströmten Muskulatur zu einem „Klebenbleiben“ am stromführenden Leiter. Unter 10 mA sind auch bei längerfristiger Stromeinwirkung keine Schäden zu erwarten. In den höheren Bereichen werden durch Muskelkontraktion die Atmung und der Blutdruck beeinflusst. Im Bereich von 10–500 mA sind die Folgen von der Dauer und der Stromart abhängig. Hier kommt es bei kurzer Stromeinwirkungsdauer und niedrigen Stromstär-

ken in Abhängigkeit vom Einschaltzeitpunkt des Stroms zu unterschiedlichen Wirkungen. So können Ströme bis zu 100 ms nur in der vulnerablen Phase der Herzaktion ein Flimmern erzeugen. Ströme zwischen 300–400 ms Dauer können über die Auslösung einer Extrasystole und deren vulnerablen Phase zum Kammerflimmern führen. Hierzu sind bereits niedrigere Ströme ausreichend. Bei Strömen über 600 ms Dauer spielt der Zeitpunkt des Strombeginns keine Rolle mehr. Der Gewebeschaden ist am Ort des Stromeintritts am größten. Die Gewebszerstörungen, die durch elektrischen Strom erzeugt werden, sind oft stärker als äußerlich sichtbar, so daß erst eingehendere Untersuchungen (z. B. Arteriogramm) das Ausmaß des Schadens erkennen lassen. Zum Zeitpunkt der initialen elektrischen Schädigung kann es zum Kreislaufstillstand kommen. Da das Herz insgesamt vom elektrischen Strom betroffen sein kann, sollte in jedem Fall eine EKG-Kontrolle erfolgen.

Ein Nierenversagen kann die elektrische Verbrennung begleiten, weil das aus den verletzten Muskelzellen ausgetretene Myoglobin die renalen Tubuli verlegen kann, insbesondere wenn die Infusionstherapie unzureichend war.

Neurologische Schäden werden nach elektrischen Verbrennungen häufig beobachtet. So können z. B. periphere Nervendefekte oder Spinalmarkdefekte durch direkte thermische Verletzung oder indirekt durch perineurale Vernarbung auftreten.

Die Verletzung durch Blitzschlag bildet eine spezielle Form der elektrischen Verbrennung. Da der Blitz dazu neigt, rund um das Äußere des Opfers zu fließen, sind Oberflächenverbrennungen häufig. Selten kommt es zu tiefen Gewebeschäden. Vorübergehende neurologische Defekte und Herzrhythmusstörungen treten häufig nach Blitzschlagverletzungen auf. Die meisten Todesfälle nach Blitzschlägen ereignen sich infolge Kreislaufstillstand zum Zeitpunkt der initialen Verletzung.

11.16.2 Beurteilung einer Verbrennung

Schweregrad und Ausdehnung bestimmen im wesentlichen das Ausmaß der pathophysiologischen Veränderungen.

11.16.2.1 Schweregrad der Verbrennung

Der Schweregrad der Verbrennung ist im wesentlichen abhängig von Art und Intensität der Wärmequelle; Verbrühungen mit Wasserdampf sind in der Regel lokalisiert, Inhalationsschäden sind selten. Verbrennungen durch direkte Flammeneinwirkung sind i. allg. schwer. Sie zeigen außerdem häufig Inhalationsschäden durch Rauch und Inhalation giftiger Gase. Außerdem finden sich oft Frakturen. Elektrische Gewebeschäden gehen in die Tiefe; sie breiten sich entlang von Blutgefäßen und Nerven aus, weil diese geringere elektrische Widerstände besitzen als andere Gewebe. Explosionen verursachen nur oberflächliche Verletzungen, es sei denn, die Kleidung gerät in Flammen. Inhalationsschäden können jedoch Probleme verursachen. Chemische Substanzen verursachen lokalisierte, mitunter schwere Schäden. Gewisse Faktoren, wie Alkoholismus, Medikamentenmißbrauch, organisch-geistige Schäden und psychische Erkrankungen erhöhen das Risiko einer Verbrennung.

Die Verbrennung wird in drei Schweregrade eingeteilt. Die pathophysiologischen Veränderungen der verschiedenen Schweregrade sind in Tabelle 11.22 aufgeführt.

Tabelle 11.22. Schweregrade der Verbrennung

Schweregrad	Pathophysiologisches Korrelat
I.	Epidermale Verbrennung; nur der oberflächliche Teil der Haut wird von der Verbrennung erfaßt. Das Korium und seine Blutversorgung sind erhalten, so daß die Reepithelisierung wieder möglich ist.
II.	Dermale Verbrennung; es wird zwar nicht die volle Dicke der Haut erfaßt; allerdings bleiben nur die tiefsten Partien des Koriums intakt. Auch in diesem Stadium ist eine Reepithelisierung möglich, jedoch zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt.
III.	Subdermale Verbrennung; alle Hautschichten werden von der Verbrennung erfaßt und gehen zugrunde. Es kommt zunächst zur Bildung von Entzündungen und Ödemen, später wird die nekrotisierende Haut trocken und lederartig. Die Sensibilität geht völlig verloren.

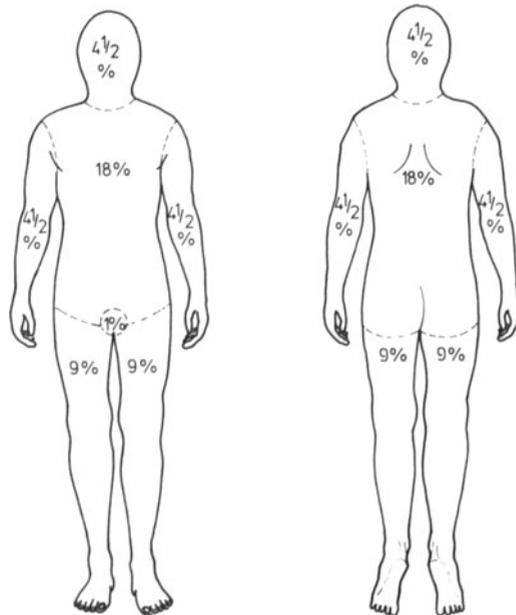


Abb. 11.20. Prozentuale Bewertung der Hautoberfläche zur Ermittlung der Ausdehnung einer Verbrennung nach der Neuner-Regel bei Erwachsenen

Tabelle 11.23. Neunerregel zur Berechnung der verbrannten Körperoberfläche bei Erwachsenen und Kindern

Körperpartie	Erwachsene (%)	Kind (%)
Kopf	9	18
Obere Extremitäten (1)	9	9
Stamm Vorderseite	18	18
Stamm Hinterseite	18	18
Untere Extremitäten (1)	18	14
Perineum	1	0

Die Ausdehnung der Verbrennung bestimmt im wesentlichen die Menge des Flüssigkeitsverlustes. Auch die anderen Stoffwechselstörungen sind von der Ausdehnung der verbrannten Körperoberfläche abhängig. Die Ausdehnung der Verbrennung wird nach der Neunerregel (Abb. 11.20) berechnet, wobei Unterschiede zwischen Erwachsenen und Kindern berücksichtigt werden müssen (Tabelle 11.23).

11.16.3 Behandlung der Verbrennung

Die Behandlung verbrannter Patienten orientiert sich an der Pathophysiologie der Verbrennungskrankheit, dem Schweregrad und der Ausdehnung der Verbrennung, sowie an der Dringlichkeit mit der die therapeutischen Maßnahmen durchgeführt werden müssen. Im Vordergrund aller Handlungen stehen Erste-Hilfe-Maßnahmen und die Flüssigkeitssubstitution. Erst danach kommen weitere Therapieverfahren zur Anwendung.

11.16.3.1 Erste-Hilfe-Maßnahmen

Da die Flammen den verfügbaren Sauerstoff verbrennen und darüber hinaus Kohlenmonoxid sowie Kohlendioxid erzeugen, sind Patient und Retter gefährdet. Der Einsatz von Atemmasken und anderen Rettungsgeräten ist deshalb zu erwägen.

Nach der Rettung sollte dem Patienten ein Atemgasgemisch mit hohem Sauerstoffanteil verabreicht werden. Die sofortige Abkühlung der verbrannten Körperpartie (z. B. durch Eiswasser über 5–10 min) wirkt der Ödembildung entgegen und lindert den akuten Schmerz. Die weitere Schmerzbekämpfung erfolgt mit der intravenösen Gabe von Analgetika. Wenn Verbrennungszeichen im Gesicht oder Hals sichtbar sind, ist auch eine Schädigung der Atemwege zu erwarten. Bei Bränden in geschlossenen Räumen ist an toxische Schäden zu denken. Bei Verdacht auf Schäden an den oberen Atemwegen ist die frühzeitige endotracheale Intubation indiziert, wobei der nasale Weg zu bevorzugen ist. Störungen der Atmung sind v. a. durch Inhalation toxischer Substanzen (Aldehyde, Nitrogase, Schwefelverbindungen) mit nachfolgender Bronchialobstruktion und Lungenödem zu erwarten; andererseits ist eine gestörte Sauerstoffabgabe durch CO-Intoxikation eine häufige Todesursache. Zu den Sofortmaßnahmen gehören weiterhin die Schaffung guter venöser Infusionswege, das Einlegen eines Blasenkatheters und u. U. eine Blutprobe zur Bestimmung von COHb.

11.16.3.2 Flüssigkeitssubstitution

Im Vordergrund der Sofortmaßnahmen bei der Verbrennung steht die Infusionstherapie. Die Diskussion um den Einsatz kristalloider und kolloidaler Lösungen ist noch immer nicht beendet. Nach neueren Empfehlungen sollten während der ersten 24 h ausschließlich Elektrolytlösungen infundiert werden, da anfangs die Kapillaren für Proteine sehr durchlässig sind. Bei allen nachfolgend aufgeführten Formeln zur Berechnung des erforderlichen Infusionsvolumens gilt, daß Verbrennun-

gen von > 50% wie 50%ige Verbrennungen behandelt werden, um Übertransfusionen zu vermeiden. Für klinisch-praktische Zwecke haben sich die nachfolgend genannten Formeln bewährt.

Evans-Formel. Dieses Infusionskonzept verwendet 3 ml/kg KG·% verbrannte Hautfläche. Das errechnete Volumen besteht zu 50% aus einer kolloidalen und 50% aus einer kristalloiden Infusionslösung. Von der Gesamtmenge werden $\frac{2}{3}$ während der ersten 24 h infundiert.

Brook-Army-Hospital-Formel. Bei diesem Infusionskonzept werden Ringer-Laktat, 5%iges Albumin und 5%ige Glukose verwendet. Die Infusionsmenge errechnet sich wie folgt:

Ringer-Laktat (ml = $1,5 \cdot \text{kg KG} \cdot \text{verbrannte Körperoberfläche}$) + Albumin 5% (ml = $0,5 \cdot \text{kg KG} \cdot \text{verbrannte Körperoberfläche}$). Zusätzlich wird als Erhaltungsbedarf ein Volumen von 30 ml/kg KG 5%ige Glukoselösung bis zu einer Gesamtmenge von 2 l infundiert. Die Hälfte des Gesamtvolumens wird innerhalb der ersten 8 h, je ein Viertel in den zweiten 8 h und in den letzten 8 h infundiert.

Im Prinzip unterscheidet sich die Brook-Formel von dem Evans-Konzept v. a. dadurch, daß das Verhältnis kolloidaler zu kristalloider Lösung auf 1:3 verändert ist.

Parkland-Formel. Dieser Infusionsvorschlag stützt sich ausschließlich auf die Verwendung kristalloider Lösungen, die während der ersten 24 h appliziert werden. Das Infusionsvolumen errechnet sich aus 4,0 ml/kg KG·% verbrannte Körperoberfläche. Nach diesem Infusionskonzept wird die Hälfte der Gesamtmenge in den ersten 8 h, je ein Viertel in den zweiten und in den letzten 8 h infundiert.

Monafo-Konzept. Bei diesem Konzept werden hypertone Salzlösungen verwendet, um die Flüssigkeitsmengen zu begrenzen. Die empfohlene Lösung enthält 250 mmol/l Na, 150 mmol/l Cl und 100 mmol/l Laktat. Sie ist auch unter der Bezeichnung HLS-Lösung (hypertone laktierte Saline) bekannt.

Muir-Barkley-Formel, modifiziert nach Zellner. Die Primärbehandlung nach diesem Infusionskonzept erfolgt vorwiegend mit kolloidalen Lösungen in folgender Gesamtmenge: 0,5·% verbrannte Körperoberfläche·kg KG. Die errechnete Menge wird in folgenden Perioden infundiert: 1. Periode 4 h, 2. Periode 4 h, 3. Periode 4 h, 4. Periode 6 h, 5. Periode 6 h (= 1. Tag), 6. Periode 6 h, 7. Periode 6 h, 8. Periode 12 h (= 2. Tag), 9. Periode 24 h (= 3. Tag).

Zusätzlich werden 2 ml/kg KG/h einer kristalloiden Lösung (5%ige Glukose) als Erhaltungsbedarf infundiert [563].

Alle Formeln sind nur geeignet für die Primär- oder Basistherapie. Der tatsächliche Bedarf muß sich nach dem Zustand des Patienten und der Durchführung einer sorgfältigen Bilanz unter Einbeziehung der Überprüfung des Körpergewichts und der Harnausscheidung des Patienten orientieren.

11.16.3.3 Weitere Therapiemaßnahmen

Nach Schaffung venöser Zugänge (v. a. Zentralvenenkatheter) und Einlegen eines Blasenkatheters wird eine erste Bilanzierung durchgeführt. Dazu gehört auch die Feststellung des Körpergewichts des Patienten. Die verbrannte Haut wird mit weitmäschiger Gaze bedeckt, die mit antibakteriellen Substanzen (z. B. Silbernitratlösung 0,5%, Mafenid-Silber-Sulfadiazin, Polyridon-Jodsalbe) benetzt ist. Antibiotika werden nach den Ergebnissen des Antibiotogramms und von Blutspiegelbestimmungen verordnet. Zur Prophylaxe einer Sepsis kann im weiteren Verlauf die Exzision der Haut und die Behandlung mit Allotransplantaten (synthetische Substanzen), Heterotransplantaten (z. B. Schweinehaut), Homöotransplantaten (Leichenhaut,

Amnion) oder Autotransplantaten (Eigenhaut) erforderlich werden. Frühe Exzisionen und Transplantationen sind bei tiefen Verbrennungen angezeigt. Diese Maßnahmen sollten jedoch erst nach ausreichender Flüssigkeitssubstitution erfolgen (24–36 h) und sollten aufgeschoben werden, wenn der Zustand des Patienten nicht stabil ist. Die Exzisionen müssen als große Eingriffe mit hohen Risiken eingestuft werden. Andererseits mindern sie die Infektion und begünstigen die Wundheilung. Die Infektionsgefahr muß durch entsprechende Maßnahmen (z. B. Isolierräume, Laminar-air-flow-Einheiten, Personalhygiene) so niedrig wie möglich gehalten werden. Neben den üblichen Diagnose- und Therapiemaßnahmen (z. B. physikalische und laborchemische Untersuchung, Wasser- und Elektrolytkorrektur, Antibiotikatherapie) ist eine Tetanusimmunisierung durchzuführen. Bei Hämoglobinurie ist zusätzlich ein Osmodiuretikum (z. B. Mannitol 0,5 mg/kg KG) oder Furosemid (1–2 mg/kg KG) zu verabreichen. Zur Bindung freien Hämoglobins ist Frischplasma indiziert, da Frischplasma hämoglobinbildendes Haptoglobin enthält. Die Abnahme der myokardialen Kontraktilität erfordert die Gabe von Digitalispräparaten (Lanitop 0,003 mg/kg KG), Katecholaminen (Dobutrex 2–5 µg/kg KG/min; Epinephrin 0,1 µg/kg KG/min) und CaCl₂ (25 mg/kg KG).

Wegen der ausgeprägten Katabolie sollte die Indikation zur parenteralen Ernährung möglichst frühzeitig gestellt werden; andererseits sollte wegen der hohen Infektionsgefahr so bald wie möglich eine Umstellung auf enterale Ernährung erfolgen [209, 369]. Der verbrannte Patient verliert den Appetit und muß ernährt werden. Energieangereicherte Getränke auf Milchbasis und Nahrungsmittel auf Eibasis sind hilfreich. Parenterale Ernährung wird aber in der Regel notwendig, um den hohen Energie- und Proteinbedarf des Verbrannten zu decken (20 kcal/kg + 70 kcal/% Verbrennung/Tag bei Erwachsenen bzw. 60 kcal + 35 kcal/% Verbrennung/Tag bei Kindern). Die Nahrung sollte 1 g Protein/kg KG + 3 g/% Verbrennung bei Erwachsenen und 3 g Protein/kg KG + 1 g/% Verbrennung bei Kindern enthalten. Allerdings haben manche Untersucher keine direkte Beziehung zwischen verbrannter Körperoberfläche und Kalorienbedarf gefunden. Um eine übermäßige CO₂- und H₂O-Produktion zu vermeiden, sollten Kohlenhydrate nicht übermäßig zugeführt werden. Etwa 50% des Kalorienbedarfs sollten deshalb aus Fett bestehen. Verzweigt-kettige Aminosäuren sind zu bevorzugen.

11.16.4 Anästhesie bei der Verbrennung

Für die Primärversorgungen des Verbrannten ist in der Regel nur die Allgemeinanästhesie geeignet. Dabei werden infolge der ausgeprägten Schmerzzustände relativ hohe Dosierungen von Analgetika und Narkotika benötigt. Im weiteren Verlauf werden Anästhesien v. a. bei tiefen Exzisionen (Nekrotomie) und Transplantationen erforderlich. Sie sollten jedoch erst durchgeführt werden, wenn die hämodynamische Situation stabilisiert ist, allerdings auch bevor das Infektionsrisiko ansteigt. Der Preis einer frühen Exzision ist häufig die erneute hämodynamische Instabilität durch erhebliche Blutverluste (bis zum 1- bis 1,5fachen des Blutvolumens). Bei allen Überlegungen zur Anästhesie eines verbrannten Patienten müssen der Zeitpunkt der Verbrennung (Infusionstherapie, Elektrolytstörung) und die Beteiligung der Atemwege besonders berücksichtigt werden.

11.16.4.1 Vorbereitungsmaßnahmen

Die Prämedikation folgt den üblichen Regeln. Auf ein Anticholinergikum sollte v. a. dann nicht verzichtet werden, wenn die Anästhesie mit Ketamin durchgeführt werden soll. Unter Umständen ist wegen der chronischen Analgetikagabe eine höhere Medikation erforderlich. Die Schaffung zuverlässiger intravenöser Zugänge, die Messung des ZVD, u. U. die arterielle Kanülierung zur direkten Blutdruckmessung und zur Blutentnahme für Blutgasanalysen, EKG-Kontrolle, Temperaturmessung und Blasenkatheter mit Harnvolumenmessung (Harnmenge mindestens 0,5 ml/kg KG/h) bilden die wesentlichsten Vorbereitungsmaßnahmen bei Verbrannten.

Die Verhältnisse im Operationssaal müssen den Bedürfnissen des Verbrannten angepaßt werden (Raumtemperatur $\sim 32^\circ\text{C}$, Wärmendecken, Wärmelampen, gewärmte Infusionen).

11.16.4.2 Auswahl der Medikamente und Verfahren

Die Einleitung der Narkose kann mit intravenösen Narkotika oder mit Inhalationsnarkotika erfolgen. In der Regel sind die erforderlichen Narkotikamengen beim Verbrannten höher als bei Patienten mit anderen Erkrankungen. Die Auswahl des Einleitungsverfahrens richtet sich vornehmlich nach den Möglichkeiten der Atemwegsfreihaltung (z. B. Intubationsschwierigkeiten durch Narbenstränge bei Gesichts- und Halsverbrennungen). dMR sollte in den ersten 3 Monaten der Verbrennungskrankheit nicht verwendet werden, auch nicht nach Vorgabe eines ndMR (Hyperkaliämie). Die postsynaptische Membran der Skelettmuskulatur entwickelt wenige Tage nach der Verbrennung eine erhöhte Chemosensitivität für Succinylcholin, die den Kaliumaustritt steigert. Allerdings ist im Rahmen der Primärversorgung eines Verbrannten nach Applikation von dMR noch nicht mit einer ausgeprägten Hyperkaliämie zu rechnen. ndMR (Alcuronium, Pancuronium) können prinzipiell verwendet werden. Wegen der Störungen des Albumin-Globulin-Verhältnisses bei Verbrannten ist die Wirkung der ndMR unterschiedlich, in der Regel verlängert.

Die Aufrechterhaltung der Anästhesie kann als Inhalationsnarkose mit Lachgas - Sauerstoff (2:2) unter Zusatz von Halothan oder Enfluran bzw. als Neuroleptanästhesie erfolgen. Auch die fraktionierte Gabe von Ketamin ist geeignet. Um die nach Ketaminapplikation möglichen Traumerlebnisse zu reduzieren, empfiehlt sich die zusätzliche Gabe von Diazepam (0,2 mg/kg KG i. v.). Insbesondere für häufige Verbandswechsel eignet sich Ketamin.

11.17 Plastische Chirurgie

Operative Eingriffe in der plastischen Chirurgie müssen häufig bei Patienten mit Nebenerkrankungen (Mißbildungen, Verbrennungen), aber auch bei organisch völlig gesunden Patienten (kosmetische Operation) durchgeführt werden. Insbesondere bei den kosmetischen Operationen lastet eine besondere Verantwortung auf dem Anästhesisten, da der Patient von dieser Operation eine ganz entscheidende Änderung, u. U. das Glück seines Lebens, erwartet. Das Narkoserisiko sollte daher nach menschlichem Ermessen gleich Null sein. Deshalb sind Kompromisse bei der Indikation und der Durchführung der Anästhesie nicht zulässig [223, 327, 527].

11.17.1 Operationsvorbereitung

Der Operationstermin für plastische Operationen richtet sich – abgesehen von vital erforderlichen Eingriffen – unter Berücksichtigung des Allgemeinzustands, sozialer und psychischer Faktoren bei Kindern weitgehend nach den Wachstumsperioden, bei Erwachsenen nach dem Ausschluß evtl. bestehender Nebenerkrankungen. Da der Erfolg einer kosmetischen Operation ganz wesentlich von einem intakten Blutgerinnungssystem abhängig ist, sollte eine Kontrolle des Gerinnungssystems obligatorischer Bestandteil der präoperativen Diagnostik sein. Im übrigen gelten die üblichen Prinzipien der Voruntersuchung und medikamentösen Vorbereitung vor anästhesiologischen Maßnahmen.

11.17.2 Anästhesieverfahren

Bei allen diesen Eingriffen haben Allgemeinanästhesieverfahren vor den Regionalanästhesiemethoden dann den Vorzug, wenn durch die örtliche Applikation des Lokalanästhetikums die Konturen sowie die Form- und Größenverhältnisse infolge der Gewebeaufquellung verwischt werden und somit die symmetrische Abstimmung, insbesondere bei einseitigen Operationen, behindert ist. Allerdings muß die Allgemeinanästhesie garantieren, daß keine Einengung des Operationsfelds und keine Behinderung des Operateurs erfolgt. Außerdem muß sichergestellt sein, daß z. B. bei Operationen im Gesicht keine Verziehung des Gesichts eintritt und die Fixierung des endotrachealen Tubus einschließlich der Verbindungsstücke zum Narkosegerät garantiert ist.

Die Narkoseeinleitung erfolgt auf intravenösem Wege, die Aufrechterhaltung der Narkose wird bei kurzdauernden Eingriffen überwiegend mit Inhalationsnarkotika, bei längerdauernden Operationen mit intravenösen Analgetika, insbesondere mit Fentanyl, durchgeführt; DMR und ndMR können nach den allgemein gültigen Grundsätzen verwendet werden. Bei Intubationsschwierigkeiten infolge Kieferklemme, Mikrogenie, Makroglossie oder Prognathie sollte entweder die blinde nasale Intubation versucht werden (Spontanatmung mit Halothan, Lidocainspray) oder die Trachea wird mit der Fiberoptik bei aufgeschobenem Endotrachealkatheter aufgesucht (s. 5.5.4.4). Wenn der Operateur bei Allgemeinanästhesien mit Halothan zusätzlich Lokalanästhetika mit Epinephrinzusatz verwendet, sollten höhere Halothankonzentrationen zur Vermeidung von Herzirregularitäten nicht appliziert werden. Besser geeignet zur Erzeugung einer lokalen Ischämie ist in diesen Fällen Ornipressin (POR 8 Sandoz).

Die Methoden der künstlichen Hypotension können die Blutungsgefahr erheblich reduzieren und sind u. U. bei kosmetischen Operationen indiziert (s. 6.8.1).

Unter den Regionalanästhesiemethoden sind abhängig von der Lokalisation des operativen Eingriffs v. a. der Plexus-brachialis-Block und die rückenmarksnahen Regionalanästhesien unter Berücksichtigung ihrer Indikationen und Kontraindikationen geeignet.

11.17.3 Operationsspezifische Besonderheiten

Im Rahmen der plastischen Chirurgie sind anästhesiologische Probleme bei der konstruktiven, der rekonstruktiven und der ästhetischen Chirurgie zu unterscheiden.

11.17.3.1 Konstruktive Chirurgie

Die Beseitigung von Mißbildungen (z. B. Lippen-, Gaumen-Kiefer-Spalten, Meningomyelozenen, Ösophagusatresien, Duodenalstenosen usw.) wird in der Regel im Kindesalter vorgenommen. Die anästhesiologischen Probleme sind dort (s. 11.15) beschrieben. Hier soll nur ergänzt werden, daß Weichteilkorrekturen – soweit sie keine wachstumshemmenden Narben bilden – so früh wie möglich erfolgen müssen. Eingriffe an Knochen und Knorpel dagegen werden nur dann vor Ende des Wachstums ausgeführt, wenn mit Hilfe von orthopädischen und prothetischen Mitteln das Wachstum des Stützgerüsts nicht beeinträchtigt wird. So wird von den meisten Operateuren als günstigster Operationstermin für die ein- und doppelseitigen Lippenspalten das Alter von 3–4 Monaten, für die Gaumenplastik das Alter von 4–6 Jahren und für die Pharyngoplastik sowie die Sekundärplastik das spätere Schulalter angesehen. Alle diese Eingriffe erfordern eine Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation.

11.17.3.2 Rekonstruktive Chirurgie

Die rekonstruktive Chirurgie umfaßt die Nachbehandlung von Verbrennungen, die Osteosynthese und die Transplantation. (Anästhesiologische Probleme bei Verbrennungen s. 11.16, bei Osteosynthesen s. 11.6 und 11.10.) Hier soll nur auf die Hauttransplantation und Replantation (z. B. von Fingern usw.) eingegangen werden.

Hauttransplantation. Übertragungen von Haut werden entweder als Lappenplastiken oder als freie Transplantationen durchgeführt. Die Anästhesie bietet außer möglichen technischen Besonderheiten (Intubationsschwierigkeiten infolge narbiger Verziehung) keine besonderen Probleme. Nach Lappenplastiken ist darauf zu achten, daß der Patient so lange ruhiggestellt wird, bis durch Fixierung des Operationsgebiets der Operationserfolg nicht gefährdet werden kann.

Als Anästhesieverfahren empfiehlt sich die Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation.

Replantation. Die Replantation abgetrennter Gliedmaßen (z. B. Finger, Arm, Bein) muß als einer der zeitaufwendigsten operativen Eingriffe bezeichnet werden. Die Operationen dauern oft > 12 h.

Regionale Anästhesieverfahren (Plexus-brachialis-Block, kontinuierliche Periduralanästhesie) sind ideal, weil sie die Schmerzausschaltung mit einer Sympathikusblockade kombinieren. Allgemeinanästhesie wird jedoch wegen der langdauernden Lagerung auf dem Operationstisch von vielen Patienten bevorzugt. Es ist jedoch durchaus möglich, die Regionalanästhesie mit Adjuvantien (Diazepam, Flunitrazepam) zu kombinieren, um damit auch längere Operationszeiten für den Patienten erträglich zu machen. Mit erheblichen Blutverlusten ist auch wegen der erforderlichen Heparinisierung zu rechnen. Für die Entleerung der Blase ist durch Einlegen eines Blasenkatheters Sorge zu tragen. Die Lagerung des Patienten auf dem Operationstisch sollte auf speziellen Schaumstoffmatratzen erfolgen. Bei Verwendung von Halothan ist der Auskühlung des Patienten entsprechend zu begegnen (Wärmematten, Klimatisierung).

11.17.3.3 Ästhetische Chirurgie

Die sog. kosmetischen Operationen werden im Bereich von Kopf (Facelifting, Nasenplastik, Ohrenkorrektur, Augenlidstraffung), Hals (Hautraffung), Brust (Mammoplastik) und Stamm (Fettschürze, Kugelbauch, Reithosenplastik) durchgeführt. Spezielle anästhesiologische Probleme können bei Nasenplastiken, Hautraffungen und Mammoplastiken auftreten.

Nasenplastik. Eine der häufigsten kosmetischen Operationen ist die Nasenplastik. Wenngleich dieser Eingriff durchaus in Regionalanästhesie (Infiltrationsanästhesie durch den Operateur) durchgeführt werden kann, bevorzugt doch die Mehrzahl der Patienten die Allgemeinanästhesie in orotrachealer Intubation. Dabei sollte ein Spiraltubus verwendet werden, der über die Kinnschuppe nach kaudal geführt wird. Da nach dem Eingriff die Nasengänge zur Erhaltung der Form austamponiert werden, kann es im postoperativen Verlauf zu Atemschwierigkeiten kommen, bis sich der Patient an eine ausschließliche Mundatmung adaptiert hat. Sorgfältige postoperative Überwachung ist in diesen Fällen erforderlich.

Hautraffung. Neben der Nasenplastik gehört auch die Hautraffung (im Gesichtsbereich = Facelifting) zu den am häufigsten durchgeführten kosmetischen Operationen. Die Hautraffung im Gesichtsbereich und Halsbereich muß als größerer chirurgischer Eingriff betrachtet werden, da sie nicht nur zeitaufwendig ist, sondern oft auch mit einem größeren Blutverlust einhergeht. Bei erhöhtem Kopf besteht darüber hinaus die Gefahr einer Luftembolie, weil bei der Präparation die Venen des Halsbereichs leicht verletzt werden können.

Als Anästhesieverfahren ist nur die Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation zu empfehlen. Das Risiko der Luftembolie sollte durch Anwendung einer Beatmung mit positiv endexpiratorischem Druck reduziert werden. Als Kontrollverfahren ist der zusätzliche Einsatz eines Dopplergärts oder des Kapnographen zu empfehlen. Die Schaffung eines zentralen Venenzugangs ist anzuraten.

Mamma- und Bauchplastiken. Unter den kosmetischen Operationen beanspruchen diese Eingriffe den längsten Zeitaufwand. Sie gehen außerdem mit größeren Blutverlusten einher, so daß etwa 2–3 E Vollblut oder Erythrozytenkonzentrat bereitgestellt werden sollten. Das intraoperative Monitoring sollte durch die Messung des ZVD erweitert werden.

Als Anästhesieverfahren ist nur die Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation geeignet. Offensichtlich als Folge der ausgedehnten Weichteilerstörung kommt es gerade bei diesen Operationen häufig zu postoperativem Erbrechen, so daß schon bei der Prämedikation ein Antimetikum verabreicht werden sollte.

11.18 Diagnostische Maßnahmen

Unter den diagnostischen Maßnahmen erfordern v. a. die Endoskopien und die radiologische Darstellung von Blutgefäßen und Organen die Mitarbeit des Anästhesisten. Obwohl einige Untersuchungen ohne Anästhesie durchgeführt werden können, besteht doch in vielen Fällen der Patient auf der Anwendung einer Sedierung oder eines Schmerzausschaltungsverfahrens. In manchen Fällen macht der Untersuchungsgang die Erweiterung der diagnostischen Maßnahme und damit auch des Anästhesieverfahrens notwendig. Somit sind Kompromisse hinsichtlich Voruntersuchung, Vorbereitung, Nahrungskarenz, Applikation von Medikamenten und postoperativer Nachsorge nur unter dem Gebot besonderer Dringlichkeit erlaubt. Ebenso sollte man die ambulante Durchführung der diagnostischen Maßnahme nur auf wenige Untersuchungen (z. B. Ösophagoskopie, Bronchoskopie, Probeexzision) beschränken. In der Regel wird eine diagnostische Untersuchung in Allgemeinanästhesie unter stationären Bedingungen durchgeführt werden müssen.

11.18.1 Vorbereitungsmaßnahmen

Die Vorbereitung des Patienten auf diagnostische Untersuchungen unterscheidet sich nicht von der Vorbereitung auf operative Eingriffe. Der Anästhesist muß über die Nebenerkrankungen und die Risikofaktoren unterrichtet sein, um auf der Grundlage des aktuellen klinischen Untersuchungsbefunds und der vorliegenden Laborparameter die Auswahl des in der gegebenen Situation bestgeeigneten Anästhesieverfahrens zu treffen. Vor der Verwendung von Röntgenkontrastmitteln sollte nach Möglichkeit eine Vortestung durch intrakutane oder konjunktivale Applikation der zu verwendenden Substanz erfolgen. Der Test ist jedoch nicht immer aussagekräftig, so daß seine Unterlassung nicht als Kunstfehler zu werten ist. Als Röntgenkontrastmittel finden v.a. jodhaltige Lösungen breite Verwendung. Patienten mit schwerer Herzinsuffizienz, Diabetes mellitus, Thyreotoxikose, Atherosklerose, Nierenfunktionsstörungen, Myelom, Heuschnupfen, Asthma bronchiale und Nahrungsmittelallergien sind durch Kontrastmittel besonders gefährdet [22].

Als prophylaktische Maßnahmen gegen Kontrastmittelzwischenfälle sind gute Sedierung (Diazepam: 0,2 mg/kg KG) und die Gabe von Kortisonderivaten (Prednisolon 1–2 mg/kg KG) 30–60 min vor Untersuchungsbeginn geeignet. Die prophylaktische Wirksamkeit von Antihistaminika gegen Kontrastmittelzwischenfälle ist zwar noch nicht restlos geklärt, ihre Verabreichung bei Patienten mit entsprechenden Nebenerkrankungen sollte jedoch erwogen werden. Dabei hat sich die Vorgabe von H₁- und H₂-Rezeptorenblockern (z. B. Dimetindenmaleat [Fenistil 0,1 mg/kg KG] und Cimetidin [5 mg/kg KG]) bewährt. Die Substanzen müssen mindestens 10 min vor Applikation des Kontrastmittels mit langsamer Injektionsgeschwindigkeit (~1–2 min) verabreicht werden.

Die Prämedikation erfolgt ebenso wie bei operativen Eingriffen. Lediglich bei ambulanten Untersuchungen ist ein differenziertes Vorgehen möglich (s. 11.19). In jedem Fall ist auch bei diagnostischen Maßnahmen ein intravenöser Zugang herzustellen, sowie eine Überwachung von Blutdruck, Puls und Herzaktion durchzuführen.

11.18.2 Anästhesieverfahren

Diagnostische Maßnahmen können sowohl in Allgemein-, als auch in Regionalanästhesie durchgeführt werden. Einige Untersuchungen können – bei kooperativen Patienten – ohne jede Anästhesie, ausschließlich in allgemeiner Sedierung erfolgen. Die Eigenart der Untersuchung, ihre voraussichtliche Dauer, sowie die Problematik der Grunderkrankung schränken in den meisten Fällen die Auswahlmöglichkeiten beträchtlich ein.

Die Allgemeinanästhesie erfordert in der Regel eine endotracheale Intubation. Zur Narkoseeinleitung eignen sich die üblichen intravenösen Narkotika. Die Aufrechterhaltung erfolgt am zweckmäßigsten mit einem Inhalationsnarkotikum, weil die Dauer des Untersuchungsgangs oft nicht vorhersehbar ist und somit die Inhalationsnarkose die beste Steuerungsmöglichkeit bietet. Zur Relaxierung sind sowohl dMR, als auch ndMR geeignet; ihre Auswahl wird im wesentlichen von der Dauer der diagnostischen Maßnahme bestimmt.

11.18.3 Untersuchungsspezifische Besonderheiten

Endoskopien des Gastrointestinaltrakts und der Atemwege, sowie Röntgenkontrastdarstellungen von Gefäßen und Körperhöhlräume, bilden den überwiegenden Anteil diagnostischer Maßnahmen, die eine Mitarbeit des Anästhesisten erfordern. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Untersuchung in der Regel bei einem vorerkrankten Patienten (z. B. Gefäß-, Herz-, Lungenerkrankung) und in abgedunkelten Räumen erfolgen muß. Darüber hinaus können sich besondere Probleme aus der Verwendung von Röntgenkontrastmitteln und aus einem Interessenkonflikt bei der Freihaltung der Atemwege (z. B. Bronchoskopie) ergeben. Der mit der Durchführung einer Anästhesie bei diagnostischen Maßnahmen betraute Anästhesist sollte sich deshalb in einem fortgeschrittenen Stadium seiner Ausbildung befinden.

11.18.3.1 Gastroenterologische Untersuchung

Ösophagoskopie, Gastroskopie, endoskopische retrograde Cholangiopankreatikographie (ERCP), Rektoskopie, Koloskopie und Laparoskopie können die Mitarbeit des Anästhesisten erfordern, obwohl diese Untersuchungen in vielen Fällen auch mit sedierenden Maßnahmen oder in örtlicher Betäubung – vom Untersucher verabreicht – möglich sind.

Ösophagoskopie, Gastroskopie. Der zeitliche Aufwand dieser Untersuchungen ist oft nicht im voraus abschätzbar, insbesondere wenn es sich um die Lokalisation einer Blutungsquelle und ihre nachfolgende Beseitigung handelt.

Gastrointestinale Blutung. Die wesentlichsten Ursachen einer gastrointestinalen Blutung sind Ulcus duodeni, Magenkarzinom, Divertikulitis und Ösophagusvarizen. Da die dabei eintretenden Blutverluste oft sehr hoch sind, ist immer von einer Hypovolämie auszugehen, die entsprechend korrigiert werden muß. Dabei kann der Hämatokritwert normal sein, wenn es zur Hämokonzentration gekommen ist. Infolge Resorption des Blutstickstoffs kann der Harnstoffwert des Serums 40% erreichen. 80–90% der Blutungen des Gastrointestinaltrakts können auf konservativem Wege durch endoskopische Verfahren zum Stehen gebracht werden. Bei Ösophagusvarizenblutung kann auch die intravenöse Injektion von Vasopressin (Pitressin 1 ml = 20 IE) wirksam sein. Die Wirkung der Substanz auf die Koronargefäße ist zu beachten.

Anästhesieverfahren. Für Ösophagoskopie und Gastroskopie empfiehlt sich die Allgemeinanästhesie mit Inhalationsnarkotika, zumal die Dauer des Untersuchungsvorgangs nicht vorhersehbar ist. Die Allgemeinanästhesie in endotrachealer Intubation ist unumgänglich, wenn infolge der Grunderkrankung eine gesteigerte Reflexbereitschaft besteht (z. B. Zwerchfellhernie, Achalasie, Ösophagusdivertikel) oder wenn ein Anhalt für eine vermehrte Flüssigkeitsansammlung im Magen (z. B. blutendes Ulcus ventriculi, Magenausgangsstenose) besteht. In diesen Fällen muß die Einleitung der Narkose ebenso wie beim Ileuspatienten erfolgen (s. 5.5). Besonderer Wert sollte auf eine zuverlässige Fixation des endotrachealen Tubus gelegt werden, damit die Manipulationen mit dem Endoskop nicht zur Tubusdislokation führen. Dabei bieten starre Tubi (z. B. Magill, ONK) einen besseren Halt und einen zuverlässigeren Schutz vor Dislokationen als elastische Tubi, wie der Woodbridge-Tubus. Andererseits besitzen diese Tubi den Nachteil, daß sie den Untersuchungsgang manchmal behindern. Wenn infolge Muskelrelaxierung nicht ohnehin eine kontrollierte Beatmung erfolgen muß, sollte die Atmung nur kurzfristig spontan erfolgen und in regelmäßigen Abständen assistiert werden. Im Kindesalter ist ebenfalls eine Allgemeinanästhesie mit Inhalationsnarkotika zu empfehlen, weil die Irritation des Larynx durch das Endoskop bei der erhöhten Reflexbereitschaft des Kindes die Gefahr des Laryngospasmus mit sich bringt. Beim Erwachsenen können Endoskopien allerdings auch in Lokalanästhesie (Lidocain 4%) mit oder ohne Sedierung (Diazepam 0,2 mg/kg KG) durchgeführt werden.

Endoskopische retrograde Cholangiopankreatikographie (ERCP). Prinzipiell kann diese Untersuchung nach Lokalanästhesie des Oropharynx mit Lidocain (4%) unter Sedierung (z. B. Diazepam 0,2 mg/kg KG; Flunitrazepam 0,02 mg/kg KG) durchgeführt werden. Längerdauernde Untersuchungen sollten jedoch in Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation erfolgen.

Rektoskopie. In der Regel erfordern die Untersuchungen des Rektums keine Anästhesie, insbesondere wenn der Patient über den Untersuchungsgang gut aufgeklärt ist. Bei fehlender Kooperation des Patienten oder bei entzündlichen Analerkrankungen ist jedoch eine Anästhesie zu bevorzugen, weil Unruhe und Abwehrhaltung (Schmerz) des Patienten die Einführung des Rektoskops u. U. unmöglich machen. Sowohl Allgemein- als auch Regionalanästhesieverfahren (z. B. Spinalanästhesie als Sattelblock, Sakralanästhesie) sind für Rektoskopien geeignet. Relativ häufig wird bei Rektoskopien ein reflektorischer Bronchospasmus beobachtet.

Koloskopie. Prinzipiell sind diese Untersuchungen ebenfalls ohne Anästhesie möglich; allerdings verursacht die hohe Koloskopie schon wegen der langen Untersuchungsdauer eine erhebliche Belastung des Patienten. Als Anästhesieverfahren ist für die Koloskopie die Allgemeinanästhesie geeignet, wobei sich insbesondere die Maskennarkose mit einem volatilen Narkotikum anbietet. Sind häufige Umlagerungen erforderlich, bietet sich auch die Ketamin-Diazepam-Kombinationsnarkose an. Die endotracheale Intubation ist immer dann indiziert, wenn im Anschluß an die diagnostische Maßnahme ein längerdauernder therapeutischer Eingriff (z. B. Polypabtragung, Hämorrhoidektomie) durchgeführt werden soll. Reflexbedingte Laryngospasmen und Bradykardien sollten durch eine ausreichende Narkosetiefe ausgeschlossen sein. Unter den Regionalanästhesietechniken bietet sich die Spinalanästhesie an. Sie garantiert darüber hinaus in der schmerzhaften frühen postoperativen Phase eine ausreichende Analgesie.

Laparoskopie. Für diagnostische Zwecke werden Laparoskopien in der Regel in Allgemeinanästhesie durchgeführt. Die Allgemeinanästhesie sollte in diesen Situationen in endotrachealer Intubationsnarkose erfolgen, weil die im Rahmen des Untersuchungsgangs erforderliche CO₂-Insufflation einen Überdruck im Abdomen mit Zwerchfellhochstand verursacht, der einerseits zur Ateminsuffizienz, andererseits zur Gefahr des Refluxes und der Aspiration führen kann. Diese Gefahren bestehen um so mehr, als gynäkologische Explorationen vorwiegend in Kopftieflage erfolgen.

11.18.3.2 Untersuchungen der Atemwege

Bronchoskopien, Bronchographien und Mediastinoskopien werden zur Diagnostik von Atemwegserkrankungen eingesetzt. Darüber hinaus findet die Bronchoskopie auch für therapeutische Zwecke (z. B. gezielte Absaugung bei Atelektasen, Fremdkörperentfernung) Verwendung. Diese Techniken stellen an den Anästhesisten erhöhte Anforderungen, da es gelegentlich zu einer Interessenkollision zwischen Anästhesist und Untersucher kommen kann. Das Hauptproblem erwächst aus der Sicherstellung einer ausreichenden Ventilation, zumal die zur Untersuchung kommenden Patienten an Erkrankungen der Atmungsorgane leiden. Die Untersuchungen selbst und das Anästhesieverfahren bilden in jedem Fall zusätzliche Belastungsfaktoren für den Patienten. Für die Untersuchung werden starre oder flexible Bronchoskope eingesetzt. Die starren Instrumente haben einen Durchmesser von 3–8,5 mm, fiberoptische Modelle beginnen bei 4 mm Durchmesser. Besitzt das fiberoptische Bronchoskop einen Arbeitskanal, so beträgt sein Durchmesser 6 mm. Während die starren Modelle nur orotracheal eingeführt werden können, sind die flexiblen Fiberoptikbronchoskope auch für einen nasotrachealen Zugang geeignet.

Bronchoskopie. Als Anästhesiemethoden für Bronchoskopien eignen sich sowohl Regional- als auch Allgemeinanästhesien. Welches Verfahren im Einzelfall angewendet wird, hängt sowohl von den Erfahrungen des mit der Untersuchung beauftragten Arztes (Regionalanästhesie) als auch vom Wunsch des Patienten (Allgemeinanästhesie) ab [554].

Es gibt fünf Narkosetechniken für Bronchoskopien:

- Lokalanästhesie mit intravenöser Sedierung,
- Allgemeinanästhesie mit einem Inhalationsnarkotikum,
- Balanzierte Allgemeinanästhesie,
- Apnoische Oxygenation und
- Allgemeinanästhesie mit High-Frequency-Positive-Pressure-Ventilation (HFPPV),

Regionalanästhesie. Diese Anästhesiemethode bietet den Vorteil der größtmöglichen Schonung des Patienten bei dessen voller Kooperation; allerdings ist sie für den Patienten nicht komfortabel. Für den Untersucher besteht der Nachteil, daß längerdauernde Apnoe in der Regel nicht möglich ist. Regionalanästhesie wird deshalb vorwiegend bei nicht narkosefähigen Patienten und bei Kranken mit bekannter oder vermuteter hochgradiger Stenose der oberen Atemwege verwendet.

Auch vor einer Untersuchung in Lokalanästhesie sollte der Patient ausreichend sediert werden. Vor der Einführung des Bronchoskops werden Rachenhinterwand, Epiglottis und Hypopharynx mit einem Lokalanästhetikum (Lidocain 4%) betupft oder besprüht. Danach werden 2-4 ml des Lokalanästhetikums mit Hilfe eines dünnen Katheters oder einer Kehlkopfnadel in die Trachea instilliert, wobei eine Hälfte in rechter, die andere Hälfte in linker Seitenlage appliziert wird. In letzter Zeit wird das Lokalanästhetikum bevorzugt mit Hilfe eines Mikroverneblers inhaliert. Trachea und obere Luftwege können auch durch direkte Injektion des Anästhetikums durch die Membrana cricothyroidea anästhesiert werden; ein Verfahren, das jedoch kaum noch praktiziert wird. Zwischen der Applikation des Lokalanästhetikums und dem Einführen des Bronchoskops sollten wenigstens 10 min vergehen, damit ausreichende Analgesie gewährleistet ist. Die unerwünschten Nebeneffekte der Lokalanästhetika können auch hier auftreten, wobei die hohen Blutspiegel entweder Folge einer Überdosierung oder einer zu schnellen Resorption sind. In diesem Zusammenhang muß erneut betont werden, daß die intratracheale Applikation von Medikamenten einer intravenösen Gabe gleichgesetzt werden kann. Exakte Dosierung ist deshalb unbedingte Voraussetzung, um toxische Reaktionen (z. B. Unruhe, Muskelzittern, Hyperventilation, Tachykardie, Hypertonie, Krämpfe, Bewußtlosigkeit, Arrhythmie, Atem- und Kreislaufstillstand) zu vermeiden (s. auch 8.3).

Allgemeinanästhesie. Diese Anästhesiemethode ist für den Patienten das angenehmere Verfahren. Für den Untersucher bietet es darüber hinaus den Vorteil, daß apnoische Pausen nach vorheriger Ventilation mit 100%igem Sauerstoff jederzeit möglich sind. Die Aufgaben des Anästhesisten bei diesen Untersuchungen umfassen die Sicherstellung einer ausreichenden Oxygenation und die Muskelrelaxation. Die Sicherstellung einer ausreichenden Oxygenierung und die Vermeidung von Hyperkapnie vermindern die bei Bronchoskopien gesteigerte Bereitschaft zu Arrhythmien, die u. U. ein ernstes Problem darstellen können. Alle z. Zt. gebräuchlichen Allgemeinanästhesieverfahren besitzen im Rahmen der Bronchoskopie Vor- und Nachteile. Bevorzugt eingesetzt werden Inhalationsnarkotika (z. B. Halothan, Enfluran), die Neuroleptanästhesie und die Ketaminanästhesie. Die EKG-Überwachung ist angezeigt. Inhalationsnarkotika sind am besten steuerbar und begünstigen infolge ihrer raschen Abflutung die schnelle Rückkehr des Hustenreflexes, wodurch Blut oder Sekrete zuverlässig aus den Atemwegen entfernt werden.

Die klassische Neuroleptanästhesie erscheint wegen der oft nicht abschätzbaren Dauer des Eingriffs weniger gut geeignet. Wenn das Verfahren dennoch in Erwägung gezogen wird, sollte die Einleitung mit einem Barbiturat und einer anschließenden Bolusinjektion von Fentanyl (0,005 mg/kg KG) erfolgen. Die Narkose wird dann mit einem Lachgas-Sauerstoff-Gemisch (2:2) aufrechterhalten. Der relativ hohe Sauerstoffanteil im Beatmungsgemisch kann u. U. dafür verantwortlich sein, daß das Bewußtsein des Patienten nicht immer voll ausgeschaltet ist. Ein Nachteil des Verfahrens ist auch darin zu sehen, daß das Hustenzentrum durch Fentanyl im postoperativen Verlauf erheblich gedämpft bleibt.

Die Ketaminanästhesie (evtl. im Tropfverfahren und in Verbindung mit Diazepam) bietet die Möglichkeit, den Sauerstoffanteil im Beatmungsgemisch auf 100% zu erhöhen, so daß sich hieraus Vorteile bei Patienten mit erheblich eingeschränkter Lungenfunktion ergeben.

Vor der Narkoseeinleitung sollte der Patient grundsätzlich 3–5 min lang 100%igen Sauerstoff über die Maske einatmen, damit für die Einführung des Instruments in Apnoe eine ausreichende Oxygenierung des Bluts garantiert ist. Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß durch Diffusion auch in völliger Apnoe ein Gasaustausch stattfinden kann. Voraussetzung dafür sind normale Lungenperfusion, freie Atemwege und ein ausreichender Sauerstoffvorrat in den Alveolen [38].

Dieses unter dem Begriff „apnoische Oxygenation“ beschriebene Verfahren gestattet eine ausreichende Oxygenierung durch kontinuierlichen Zufluß reinen Sauerstoffs bei Apnoe während eines Zeitraums von 20 min. Allerdings steigt der $p_a\text{CO}_2$ um 3–4 mm Hg/min. Die apnoische Oxygenation sollte deshalb nicht länger als 10 min durchgeführt werden.

Folgendes Verfahren hat sich bewährt: Nach 3–5 min dauernder Voratmung von 100%igem Sauerstoff und nach Gabe eines ndMR (Alcuronium 0,025 mg/kg KG) wird mit den üblichen intravenösen Narkotika eingeleitet. Die Muskelrelaxierung erfolgt mit dMR (1 mg/kg KG), danach wird der Patient erneut mit 100%igem O_2 ventiliert. Nach Einführung des Bronchoskops wird über einen Verbindungsstutzen des Instruments das Atemgasgemisch ($\text{O}_2:\text{N}_2\text{O}=2:2$) in die Lunge geleitet. Die Narkose wird entweder mit fraktionierten Dosen eines intravenösen Narkotikums oder durch kontinuierliche Zufuhr eines Inhalationsnarkotikums aufrechterhalten. Die Beatmung wird bei intermittierender Applikation von dMR (0,5 mg/kg KG) vorwiegend manuell durchgeführt; sie kann aber auch durch Jetventilation erfolgen. Bei der primär gesunden Lunge werden apnoische Pausen gut toleriert. Der limitierende Faktor der Apnoe ist der Anstieg des $p_a\text{CO}_2$. Der arterielle Kohlendruck steigt in Apnoe pro min um etwa 3 mm Hg an. Durch höhere Flowrate (10 l O_2 /min) kann die Apnoe auf maximal 10 min verlängert werden. Sind längere apnoische Pausen aus operativen Gründen erforderlich, sollten andere Methoden (z. B. Injektortechnik mit transtrachealer Ventilation) eingesetzt werden. Bei primär geschädigten Lungen sind apnoische Pausen nach Möglichkeit zu vermeiden [64, 282].

Bronchographie. Obwohl die Bronchographie unter Verwendung von Röntgenkontrastmitteln durchgeführt wird, soll die Methode an dieser Stelle besprochen werden, v. a. weil sie die Problematik der Bronchoskopie beinhaltet.

Beim Erwachsenen werden Bronchographien in der Regel in Lokalanästhesie durchgeführt. Die Mitarbeit des Patienten ermöglicht eine optimale Aufnahmetechnik.

Bei Kindern bietet jedoch die Allgemeinanästhesie die besseren Bedingungen. Unter Relaxation wird das Kontrastmittel über einen dünnen Katheter durch den Tubus instilliert; anschließend wird der Patient in die zur Darstellung des gesamten oder selektiven Teils des Bronchialbaums notwendigen Positionen gebracht. Für jede Aufnahme wird die Lunge manuell gebläht. Nach Rückkehr der Spontanatmung und des Hustenreflexes werden die Kontrastmittelreste aus der Trachea abgesaugt und der Patient extubiert.

Jetventilation. Normalfrequente oder hochfrequente positive Druckbeatmung kann sowohl durch einen Seitenarm des starren Bronchoskops als auch durch den Arbeitskanal des Fiberoptikbronchoskops erfolgen. Mit einem speziellen Ventilator gelingt es, $p_a\text{CO}_2$ und $p_a\text{O}_2$ über lange Zeit normal zu halten.

In der Regel führt die Bronchoskopie nur in seltenen Fällen zu schweren Komplikationen. Die gefährlichsten Zwischenfälle entstehen nach endobronchialen Blutungen (z. B. Läsionen von Pulmonalvenen, eingewachsene Aneurysmen). Blockaden der Blutungsquellen mit dem Carlens- oder Robertshaw-Tubus können versucht werden; sie sind jedoch meist erfolglos.

Mediastinoskopie. Bei der Mediastinoskopie wird ein Endoskop über das Jugulum in das Mediastinum eingeführt. Hierfür ist eine tiefe Narkose erforderlich. Im Rahmen der Untersuchung kann es zu Blutungen, Pneumothorax, N.-recurrens-Schäden, Infektionen, Tumorverschleppung, N.-phrenicus-Schäden, Ösophagusschäden, Chylothorax, Luftembolie und vorübergehenden Hemiparesen kommen.

Die endotracheale Intubation sollte mit einem Spiraltubus erfolgen, da der Hals des Patienten bei der Untersuchung stark überstreckt werden muß. Gut geeignet ist eine Inhalationsnarkose in kontrollierter Beatmung. Besonders sorgfältig sollten die Durchblungsverhältnisse des rechten Arms (Fingerpuls) kontrolliert werden, da durch das Mediastinoskop die A. anonyma komprimiert werden kann. Dadurch kann es zur Minderperfusion der rechten A. carotis und A. subclavia kommen.

11.18.3.3 Untersuchungen des Gefäßsystems

Die Röntgendarstellung der Hirngefäße, der großen Körpergefäße und des Herzens erfolgt unter Zuhilfenahme von Kontrastmitteln und einer geeigneten Röntgenapparatur. Die Anwendung dieser Techniken, v. a. die intravasculäre Applikation des Kontrastmittels, ist nicht frei von Nebenwirkungen. Das Risiko bei diesen Untersuchungen wird weiter erhöht, weil die zur Diagnostik kommenden Patienten in der Regel an krankhaften Gefäßprozessen mit einer eingeschränkten kardiovaskulären Leistungsreserve leiden und weil die Untersuchung selbst in einem dunklen Untersuchungsraum stattfinden muß. Als Anästhesieverfahren für Röntgenkontrastdarstellungen des Gefäßsystems kommen Sedierung (z. B. mit Diazepam oder Flunitrazepam), Regionalanästhesien und Allgemeinanästhesien zur Anwendung.

Karotisangiographie. Die Darstellung der Hirngefäße erfolgt entweder in Regionalanästhesie mit zusätzlicher Sedierung oder in Allgemeinanästhesie. Das bevorzugte Verfahren ist die Allgemeinanästhesie mit endotrachealer Intubation; denn es ist für den Patienten nicht nur angenehmer (Injektion des Kontrastmittels verursacht mitunter brennendes Gefühl im Kopf und schwere retrobulbäre Schmerzen), sondern v. a. auch sicherer. Bewährt hat sich die Einleitung mit einem kurzwirkenden Barbiturat, die Relaxation mit einem dMR und die Beatmung mit einem N_2O-O_2 -Gemisch in leichter Hyperventilation. Zur Supplementierung der Analgesie genügt bei den wenig schmerzhaften Eingriffen die einmalige Gabe von Fentanyl (0,002 mg/kg KG); bei komatösen Patienten kann auf die zusätzliche Fentanylapplikation verzichtet werden. Auch die fraktionierte Gabe geringer Dosen von Thiopental (1–2 mg/kg KG) oder Methohexital (0,3 mg/kg KG) ist zur Aufrechterhaltung der Anästhesie geeignet. Müssen halogenierte Kohlenwasserstoffe verabreicht werden (z. B. bei Patienten mit Asthma bronchiale), sollte dies erst nach einer Phase der Hyperventilation erfolgen. Die Hyperventilation hat jedoch dort eine Grenze, wo die arterielle Kohlendioxidspannung unter 25 mm Hg sinkt, weil dann mit einer Hirnmangeldurchblutung gerechnet werden muß [276].

Der arterielle Blutdruck sollte innerhalb der bekannten Grenzen der zerebralen Autoregulation gehalten werden. Eine induzierte Hypotension wird nur in den seltensten Fällen nötig sein. Schonende Intubation und Extubation unter Vermeidung von Husten und Pressen sowie kleine Atemzugvolumina bei höherer Frequenz helfen eine Behinderung des venösen Rückflusses zu vermeiden.

Eine mäßige Hyperventilation kann auch dazu beitragen, die Qualität der Röntgenbilder zu verbessern, da die zerebrale Vasokonstriktion eine längere Verweildauer des injizierten Kontrastmittels im zerebralen Gefäßsystem bewirkt. So kommen z. B. kleine Angiome, die sich nur kurzfristig mit Kontrastmittel füllen, mit größerer Wahrscheinlichkeit zur Darstellung.

Bei der Karotisangiographie kann es neben den Unverträglichkeitsreaktionen auf Kontrastmittel zu vagalen Reaktionen durch die Manipulationen an der A. carotis sowie zu lokalisierten oder auf das zerebrale Gefäßsystem ausgedehnten Gefäßspasmen kommen. In Einzelfällen verursacht das hyperosmolare Kontrastmittel eine Hypervolämie sowie eine Veränderung der Kapillarpermeabilität mit nachfolgendem Hirnödem (Abb. 11.21). Postoperativ wird mitunter eine verlängerte Apnoe beobachtet [522, 558].

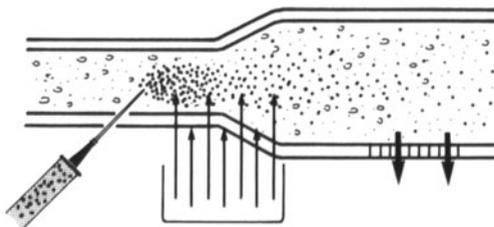


Abb. 11.21. Veränderung des intravasalen Volumens und der Kapillarpermeabilität nach Applikation hyperosmolarer Kontrastmittel

Aortographie. Die Darstellung der Aorta und abzweigender großer Körperarterien kann sowohl in Allgemein- als auch in Regionalanästhesie erfolgen. Bei der Allgemeinanästhesie ist die endotracheale Intubation zwingende Notwendigkeit, insbesondere wenn die Gefäßpunktion translumbal in Bauchlage erfolgt. Unter den Regionalanästhesieverfahren eignen sich sowohl Spinal- als auch Periduralanästhesien. Eine regionale Anästhesie mit zusätzlicher Sedierung (z. B. Diazepam 0,2 mg/kg KG) kann für die femorale Seldinger-Technik eingesetzt werden. Die schmerzvollste Phase der Untersuchung ist der Moment der Injektion des Kontrastmittels. Abhängig von der Injektionsgeschwindigkeit und dem verwendeten Präparat wird ein brennendes Gefühl in den Beinen erzeugt, dem Wärmeempfindungen im Kopf und Geschmackssensationen folgen [24, 523].

Kardiopulmonale Angiographie. Die Röntgenkontrastdarstellung der herznahen Gefäße und des Herzens wird bei Erwachsenen in der Regel in Regionalanästhesie mit zusätzlicher Sedierung (z. B. Diazepam 0,2 mg/kg KG) durchgeführt. Während der Untersuchung ist mit dem Auftreten von Arrhythmien und Bradykardien zu rechnen. Bei schneller Injektion des Kontrastmittels kann es u. U. zum Linksherzversagen oder zum Herzinfarkt kommen. Die angiographische Untersuchung bei Verdacht auf Lungenembolie sollte – soweit dies zeitlich vertretbar ist – erst nach Durchführung von Blutgasanalysen erfolgen. Bei der akuten Lungenembolie muß das Risiko des Herzversagens in Betracht gezogen werden.

Bei Kindern werden kardiopulmonale Angiographien bevorzugt in Allgemeinanästhesie durchgeführt. Vor der Untersuchung sollten Digitalis- und Diuretikatherapie optimiert und Störungen des Wasser-, Elektrolyt- und Säure-Basen-Haushalts beseitigt sein.

Risiken der Gefäßdarstellung. Die Verwendung von Kontrastmitteln und die Dunkelheit des Untersuchungsraums können, abgesehen von den häufig eingeschränkten kardiovaskulären Leistungsreserven der Patienten, Ursachen von Zwischenfällen sein.

Kontrastmittelzwischenfälle. In einer Häufigkeit von 5% sind Unverträglichkeitsreaktionen nach Kontrastmittelgabe zu erwarten. Eine Reaktion auf die Kontrastmittelgabe äußert sich innerhalb von 15 min in Form von Bronchokonstriktion, Urtikaria, Herzrhythmusstörungen, Hypervolämie, Hypotension oder Lungenödem. Die Pathogenese der Kontrastmittelunverträglichkeitsreaktionen ist noch nicht restlos geklärt. Beteiligt sind immunologische Reaktionen (z. B. Komplementaktivierung), Histaminliberation (aus Mastzellen und basophilen Leukozyten), sowie pharmakologische und toxische Reaktionen. Jodkontrastmittel können darüber hinaus eine Reihe von Enzymen hemmen (z. B. Azetylcholinesterase). Außerdem sind Kontrastmittel hyperosmolare Lösungen, wodurch eine Hypervolämie mit entsprechenden Elektrolytverschiebungen (Hypokaliämie) eintreten kann (Abb. 11.20). Am Herz-Kreislauf-System können EKG-Veränderungen (Sinusbradykardie, ST-Senkung), Kontraktilitätsminderung und pulmonaler Hochdruck ausgelöst werden. Nach Jodkontrastmitteluntersuchungen kann infolge freier Jodmoleküle bei bisher unbekannter Hyperthyreose eine jodinduzierte thyreotoxische Krise auftreten [22]. Bei den ersten Anzeichen von Kontrastmittelreaktionen muß jede weitere Injektion des Kontrastmittels unterbrochen werden. Therapeutisch stehen Volumenersatzmittel- und Sympathomimetikagabe (Epinephrin 0,01 mg/kg KG) sowie Kortisonapplikation (Prednisolon 5 mg/kg KG) und Sedativa (z. B. Diazepam 0,1 mg/kg KG) im Vordergrund.

Schlechte Sichtverhältnisse. Der abgedunkelte Röntgenraum erschwert die Überwachung von Patient und Kontrollinstrumenten des Narkoseapparats. Viele der bei Röntgenkontrastdarstellungen eingetretenen Komplikationen sind auf unbemerkte Diskonnektion, Überdosierungen, Gasdruckabfälle usw. zurückzuführen. Die Überwachung von Patient und Gerät muß deshalb gerade unter diesen erschwerten Bedingungen mit besonderer Sorgfalt erfolgen. Deshalb sollte jederzeit eine punktförmige Lichtquelle verfügbar sein, mit der in regelmäßigen Abständen visuelle Kontrollen durchgeführt werden können.

11.18.3.4 Untersuchungen der Schädelhöhlräume

Bestandteil der neuroradiologischen Diagnostik ist auch die Luftfüllung der Schädelhöhlräume. Diese Untersuchung muß vorwiegend bei Patienten mit krankhaften Hirnprozessen durchgeführt werden, so daß das Problem der Hirndrucksteigerung

in den Vordergrund treten kann. Eine Steigerung des intrakraniellen Drucks während der Untersuchung kann Einklemmungen des Gehirns durch den Tentoriumspalt bzw. das Foramen magnum sowie hypoxische Hirnschäden verursachen. Der Anästhesist hat viele Möglichkeiten (z. B. Hyperventilation, Wahl des Narkotikums, Osmotherapie), auf den Hirndruck einzuwirken (s. 11.7) [48, 155].

Pneumenzephalographie, Ventrikulographie. Aus anästhesiologischer Sicht werden diese Untersuchungen nach den gleichen Prinzipien wie die Karotisangiographie durchgeführt. Außer bei Kindern sollten Luftfüllungen der Schädelhöhlräume jedoch bevorzugt in Regionalanästhesie mit zusätzlicher Sedierung (Diazepam 0,2 mg/kg KG i. v.) durchgeführt werden. Wenn Allgemeinanästhesie nicht zu umgehen ist, muß sichergestellt sein, daß Diskonnektion, Lagerungsschäden usw. bei den Rotationsbewegungen während des Untersuchungsablaufs ausgeschlossen sind. Die Registrierung des EKG ist zu empfehlen. Während der Untersuchung können plötzliche Atem- und Kreislaufdepressionen auftreten. Erfolgen sie nach der Punktion, aber vor der Luftfüllung, liegt mit großer Wahrscheinlichkeit eine Hirnstammeinklemmung vor. Tritt das Ereignis nach der Luftfüllung auf, hat sich wahrscheinlich eine Luftembolie ereignet. Die Verwendung von Luft oder Stickstoff als Kontrastmittel zusammen mit einer N₂-O-O₂-Basisnarkose kann allerdings problematisch sein. Wegen der höheren Löslichkeit von N₂O im Blut kann während einer Pneumenzephalographie mit Stickstoff mehr Lachgas in das Ventrikelsystem diffundieren, als Stickstoff aus dem Ventrikelsystem in das Blut zurückkehrt. Dies führt zu einem hochsignifikanten Anstieg des intrakraniellen Drucks. Beim vorgeschädigten Patienten sollte dieses nicht risikofreie Diffusionsphänomen vermieden werden, indem die Gasfüllung mit N₂O oder O₂ erfolgt.

Bei Hirndrucksymptomatik ist die lumbale Pneumenzephalographie wegen der Gefahr der Einklemmung kontraindiziert. In diesen Fällen bietet jedoch die Ventrikulographie eine Alternative. Durch ein Entlastungsbohrloch wird ein Katheter in einen der beiden Seitenventrikel geführt und das Kontrastmittel direkt in das „offene“ Ventrikelsystem injiziert.

Beide Untersuchungsverfahren verlangen zur korrekten Darstellung des gesamten Ventrikelsystems extreme Stellungen des Patienten. Die Gefahr des orthostatischen Blutdruckabfalls besteht um so stärker, als die Patienten mit derartigen Erkrankungen durch vorausgehende entwässernde Therapie zur Bekämpfung des Hirndrucks zumeist dehydriert sind. Das präoperative Wickeln der Beine, das Vermeiden stark vasoplegisch wirkender Pharmaka (z. B. DHB) und die prophylaktische Infusion eines Plasmaersatzmittels sind bewährte prophylaktische Maßnahmen gegen derartige Komplikationen.

11.19 Ambulante Operationen

Operative Eingriffe sollten nur dann ambulant durchgeführt werden, wenn die Möglichkeit besteht, den Patienten nach der Operation in einem vertretbaren Zeitraum zuverlässig zu überwachen. Der Patient sollte frei von schwerwiegenden Nebenerkrankungen sein (Risikogruppe I–II). Außerdem sollten Art und Ausdehnung des operativen Eingriffs keine wesentlichen postoperativen Komplikationen erwarten lassen. Im Zweifelsfalle ist die stationäre Aufnahme des Patienten zu veranlassen [388, 456].

11.19.1 Operationsvorbereitung

Da hinsichtlich Voruntersuchung und Vorbereitung bei ambulanten Patienten die gleichen Kriterien wie bei stationären Kranken gelten, ist durch organisatorische Maßnahmen sicherzustellen, daß bis zum Operationszeitpunkt alle erforderlichen Befunde vorliegen. Der Patient muß sich, mindestens 6 h nüchtern, 1 h vor dem ge-

planten Operationszeitpunkt in der Klinik einfinden. Vor der Verabreichung der Prämedikation ist nach Aufklärung die schriftliche Einverständniserklärung einzuholen. Jeder Patient ist mit einem zuverlässigen intravenösen Zugang zu versehen.

Grundsätzlich ist auch bei ambulanten Operationen eine zuverlässige Dokumentation auf einem Anästhesieprotokoll durchzuführen. Als Standard-Überwachungsverfahren gilt bei ambulanten Anästhesien das EKG, die unblutige Messung des Systemdrucks, sowie die Registrierung der Herzfrequenz. Untersuchungsbefunde, Einwilligungserklärung und Aufklärungsbestätigung sollten mit dem Narkoseprotokoll in den Krankenunterlagen archiviert werden [388, 456].

11.19.1.1 Prämedikation

Die üblicherweise geringe Dosis von Atropin (0,01 mg/kg KG) vor der Durchführung einer Allgemeinanästhesie verursacht in der Regel keine psychomotorischen Veränderungen. Diazepam (0,15 mg/kg KG) bzw. Pethidin (1 mg/kg KG) können hingegen bis zu 12 h die Psychomotorik beeinflussen. Diese Medikamente sollten deshalb vor ambulanten Eingriffen nicht verabreicht werden. Ihre Gabe ist ohnehin nicht erforderlich, wenn schmerzfreie Leiden – wie dies bei ambulanten Eingriffen häufig der Fall ist – zur Operation kommen. Auch Sedativa erübrigen sich, da der ambulante Patient dem bevorstehenden Eingriff mit einer positiven Motivation entgegentritt.

11.19.2 Anästhesieverfahren

Bei ambulanten Patienten sind unter den Regionalanästhesietechniken v. a. Infiltrationsanästhesien, periphere Nervenblockaden und intravenöse Regionalanästhesien geeignet. Spinal- und Periduralanästhesie sowie die supraklavikuläre Plexusblockade sollten bei ambulanten Operationen nicht eingesetzt werden, da evtl. nachfolgende Komplikationen (z. B. Hypotension, Kopfschmerz, Pneumothorax) eine längerdauernde Überwachung und Behandlung erfordern [301].

Nach den regionalen Anästhesieverfahren sind unter den Methoden der Allgemeinanästhesie die Inhalationsnarkosen besser geeignet als die intravenösen Verfahren. Die klassische Neuroleptanästhesie mit Droperidol als langwirkendem Butyrophenon sollte für ambulante Operationen nicht verwendet werden [299].

Die Anwendung von MR ist erlaubt, jedoch sollten Substanzen mit kurzer Wirkungsdauer, z. B. dMR (1 mg/kg KG) bevorzugt werden. Die endotracheale Intubation sollte – insbesondere bei Kindern – so zurückhaltend wie möglich eingesetzt werden, damit evtl. später auftretende Atemwegsverlegungen, z. B. durch Schwellungen, ausgeschlossen sind.

11.19.2.1 Regionalanästhesie

Die periphere Regionalanästhesie wird v. a. deshalb als Methode der Wahl für ambulante Eingriffe bezeichnet, weil sie die Psychomotorik der Patienten unberührt läßt. In höherer Dosierung allerdings, z. B. nach 3 mg/kg KG Lidocain, Mepivacain

oder Prilocain, kann man eine Beeinflussung der Psychomotorik feststellen. Die langwirkenden Lokalanästhetika, z. B. Bupivacain (1,3 mg/kg KG) und Etidocain (2,6 mg/kg KG) können bei Überdosierung bis zu 2 h nach der Applikation psychomotorische Veränderungen hervorrufen. Plexus-brachialis-Blockaden sollten bei ambulanten Patienten nicht kritiklos, rückenmarksnahe Regionalanästhesien überhaupt nicht eingesetzt werden [301].

11.19.2.2 Allgemeinanästhesie

Jede Narkose verursacht noch bis zu 12 h nach ihrer Applikation Veränderungen im EEG (insbesondere nach Injektion von Barbitursäurederivaten). Daraus ergibt sich, daß vor der Durchführung einer Allgemeinanästhesie die postoperative Nachsorge sichergestellt sein muß [208].

Intravenöse Narkotika. Allgemein gilt zwar, daß die Patienten nach Methohexital schneller erwachen als nach Thiopental; die psychomotorische Normalisierung erfolgt jedoch sowohl bei Methohexital als auch bei Thiopental in äquianästhetischer Dosis bei beiden Substanzen gleichartig. Das Erwachen nach einer Ketaminanästhesie geschieht ebenfalls nicht schneller, als nach der intravenösen Gabe von Thiopental. Lediglich Etomidate und Propomid sind gegenüber den Barbituraten und Ketaminen aufgrund ihrer schnelleren Metabolisierung günstiger einzuordnen. Allerdings muß bedacht werden, daß Etomidate durch seine fehlende analgetische Wirkung nicht als alleiniges Narkotikum bzw. nicht ohne ein zusätzliches Analgetikum (z. B. in der Prämedikation) verabreicht werden kann, wodurch dann wiederum ähnliche psychomotorische Alterationen erwartet werden müssen, wie nach den anderen Substanzen.

Inhalationsnarkotika. Gegenüber den intravenösen Narkotika besitzen die Inhalationsnarkotika den Vorteil der besseren Steuerbarkeit und der kürzeren Wirksamkeit. Dennoch sind psychomotorische Veränderungen auch nach Applikation von Inhalationsnarkotika bis zu 4 h nachweisbar. Lachgas ist infolge des schnellen Abklingens seiner Wirkung eine ideale Ergänzung bei der Anästhesie des ambulanten Patienten.

Muskelrelaxanzen. Nach Möglichkeit sollte bei ambulanten Narkosen auf die Gabe von MR verzichtet werden. Wird ihre Anwendung unumgänglich (z. B. Frakturposition), so ist allenfalls die intermittierende Applikation eines dMR in geringer Dosierung (z. B. 0,3 mg/kg KG) anzuraten. In derartigen Situationen ist die sorgfältige postoperative Überwachung des Patienten eine zwingende Notwendigkeit.

11.19.3 Postoperative Maßnahmen

Nach dem Eingriff verbleibt der Patient im Aufwachraum, bis er koordiniert und im Besitz aller Schutzreflexe ist. Die Mindestanforderung für eine risikofreie Entlassung sollte stabile Vitalfunktionen und die Fähigkeit der zeitlichen und örtlichen Orientierung beinhalten. Der Patient sollte z. B. fähig sein, sich selbst anzukleiden und ohne fremde Hilfe zu gehen. Der Zeitraum der postoperativen Überwachung sollte nach Regionalanästhesien 0,5–2 h, nach reinen Inhalationsnarkosen 2 h, nach Kombinationsnarkosen mit Barbituraten und Inhalationsnarkotika 2–4 h, nach Kombinationsnarkosen mit Benzodiazepinen und Opioiden 4–6 h betragen. Der Patient darf jedoch die Klinik nur mit einer Begleitperson verlassen und danach weder Fahrzeuge noch komplizierte Maschinen bedienen. Generell sollten Patien-

Tabelle 11.24. Merkblatt für Patienten nach ambulanter Anästhesie

Nach Beendigung der Anästhesie ist Ihre körperliche und geistige Leistungsfähigkeit weiterhin eingeschränkt. Beachten Sie deshalb die folgenden Anweisungen:

1. Sorgen Sie für eine verantwortliche Begleitperson und den Heimtransport.
 2. Benutzen Sie nur in Begleitung eines anderen Erwachsenen ein öffentliches Verkehrsmittel.
 3. Nehmen Sie während 24 Stunden nicht aktiv am Straßenverkehr teil und bedienen Sie keine komplizierten Maschinen.
 4. Nehmen Sie während dieser Zeit keinen Alkohol und keine Schmerzmittel ohne Wissen Ihres behandelnden Arztes ein.
 5. Verschieben Sie wichtige Entscheidungen bis zu Ihrer vollständigen Erholung.
-

ten nach ambulanten Eingriffen in Allgemeinanästhesie mindestens 24 h nicht aktiv am Straßenverkehr teilnehmen und während dieser Zeit weder Alkohol noch Medikamente einnehmen – mit Ausnahme ärztlich verordneter Pharmaka. Ebenso sollten sie davon unterrichtet sein, daß sie in dieser Zeit keine Vereinbarungen und Verträge abschließen. Auch über den Beginn der Flüssigkeits- und Nahrungsaufnahme sollten eindeutige Anweisungen gegeben werden. Nicht nur aus forensischen Gründen wird es zweckmäßig sein, dem Patienten ein Merkblatt über das postoperative Verhalten auszuhändigen, auf dem auch die Telefonnummer der Behandlungseinheit vermerkt ist, damit bei späteren Zwischenfällen sofortiger Rat oder Hilfe angefordert werden kann (Tabelle 11.24) [167].

Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß auch das Operationspersonal, das ständig den Inhalationsnarkotika ausgesetzt ist, nach Verlassen des Operationstrakts noch unter dem Einfluß dieser Substanzen stehen kann. So existieren eine Reihe von Untersuchungen, die zeigen, daß die Aufnahmefähigkeit und Reaktionsfähigkeit 4 h nach Exposition mit Lachgas und Halothan bzw. Enfluran bei diesem Personenkreis vermindert ist.