

Redaktion

A. E. Goetz, Hamburg
 M. Jöhr, Luzern
 T. Koch, Dresden
 C. Werner, Mainz

T.M. Berger · S. Pilgrim

Neonatologische und pädiatrische Intensivpflegestation, Kinderspital Luzern

Reanimation des Neugeborenen

Der Übergang vom intra- zum extrauterinen Leben stellt einen gefährlichen Zeitpunkt im Leben eines Menschen dar. Obwohl die neonatale Mortalität in den industrialisierten Ländern im Verlauf der letzten 50 Jahre drastisch abgenommen hat, machen Todesfälle in der ersten Lebenswoche und im ersten Lebensmonat den größten Anteil an der Kindersterblichkeit aus [33]. Dabei sind Frühgeburtlichkeit, angeborene Fehlbildungen und peripartale Asphyxie die häufigsten Todesursachen [10, 51]. Zweifellos ist eine fachgerechte Betreuung von Neugeborenen mit peripartalen Adaptationsstörungen und von Frühgeborenen im Gebärsaal von entscheidender Bedeutung für deren Prognose.

In vielen Institutionen sind in unerwarteten Notfallsituationen Pädiater oder Neonatologen nicht unmittelbar verfügbar, und die Reanimation von Neugeborenen wird von den Geburtshelfern an die Anästhesisten delegiert.

— Anästhesisten müssen sich in der Neugeborenenreanimation auskennen.

In den Jahren 2005/2006 haben die American Academy of Pediatrics (AAP), die American Heart Association (AHA), der European Resuscitation Council (ERC) und das International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) die Empfehlungen zur Reanimation des Neugeborenen in überarbeiteten Versionen publiziert [1, 2, 3, 6]. Sie wurden in mehreren deutschsprachigen Publikationen ausführlich dargestellt und kommentiert [20, 24]. In der vorliegenden Arbeit liegt ein

erster Schwerpunkt auf der Darstellung wichtiger physiologischer Grundlagen der normalen peripartalen Adaptation. Anschließend werden die wesentlichen pathophysiologischen Aspekte einer gestörten Adaptation beschrieben, um daraus den aktuell empfohlenen Reanimationsalgorithmus abzuleiten und summarisch darzustellen. Schließlich werden einige der wichtigsten oder umstrittensten Neuerungen der Empfehlungen diskutiert.

Physiologische Grundlagen

Sekretion und Resorption der fetalen Lungenflüssigkeit

In utero sind die künftigen lufthaltigen Räume mit fetaler Lungenflüssigkeit gefüllt. Verantwortlich für deren Sekretion sind epitheliale Chloridkanäle (Cl^-); beim Schaf beträgt die Sekretionsrate im dritten Trimester 3,5–5,5 ml/kgKG/h [35]. Da die Stimmlippen als Einwegventil funktionieren, wird die Lunge durch die fetale Lungenflüssigkeit gedehnt und dadurch ihr Wachstum stimuliert. Da der intraluminale Druck 0,3–0,4 kPa (2–3 mmHg) über dem intraamnionalen Druck liegt, wird bei einer Compliance von 15–20 ml/mmHg ein Volumen von mindestens 30 ml/kgKG erzeugt, was der späteren funktionellen Residualkapazität entspricht [36] oder sogar deutlich darüber liegt [25]. Fetale Atembewegungen führen dazu, dass intermittierend Lungenflüssigkeit und mit zunehmendem Gestationsalter auch Bestandteile von Surfactant durch die geöffneten Stimmlippen austreten, vom Feten geschluckt oder dem Fruchtwasser beigemischt werden. Der Nachweis von Surfactantbestandtei-

len (Lecithin-Sphingomyelin-Verhältnis, Phosphatidylglycerol und/oder Phosphatidylinositol) im Fruchtwasser ermöglicht es, den Reifezustand der fetalen Lunge abzuschätzen [16, 19].

Obwohl die fetale Lungenflüssigkeit für das intrauterine Lungenwachstum essenziell ist, muss diese Flüssigkeit bei der Geburt beseitigt werden, um dem Neugeborenen die Atmung zu ermöglichen. Nach Einsetzen der Wehen kommt es unter dem Einfluss von fetalen Hormonen (Adrenalin, Kortisol, Trijodthyronin), die unter der Geburt hohe Konzentrationen erreichen, zu einer Aktivierung von epithelialen Natriumkanälen (ENa^+C) und damit zu einer Resorption der fetalen Lungenflüssigkeit. Unterbleibt der Anstieg dieser Hormone, z. B. bei einem primären Kaiserschnitt ohne vorausgegangene Wehentätigkeit, ist die Resorption der fetalen Lungenflüssigkeit beeinträchtigt; dies hat eine erhöhte respiratorische Morbidität zur Folge [18].

Vom fetalen zum neonatalen Kreislauf

In utero ist die Plazenta für den fetalen Gasaustausch verantwortlich. Dort werden die Kotyledonen mit den fetalen Kapillaren vom intervillösen mütterlichen Blut umspült, Kohlendioxid (CO_2) wird abgegeben und Sauerstoff (O_2) aufgenommen. Das fetale Blut wird anschließend in der Nabelvene gesammelt und über den Ductus venosus (Ductus Arantii) an der Leber vorbei in den rechten Vorhof geführt. Obwohl das Nabelvenenblut das sauerstoffreichste Blut des Feten ist, beträgt der Sauerstoffpartialdruck ($p_{\text{NV}}\text{O}_2$) nur gerade 4 kPa (30 mmHg), was jedoch aufgrund der hohen Sauerstoffaffinität des

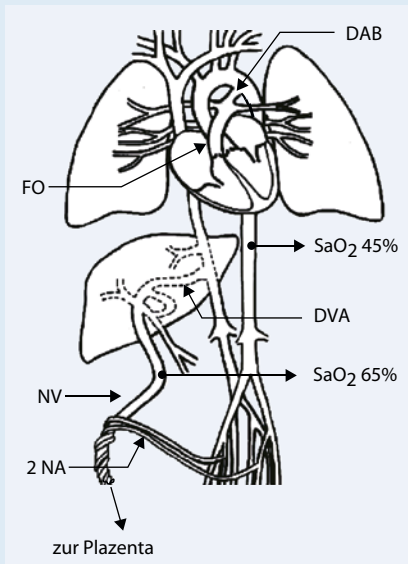


Abb. 1 ▲ Fetaler Kreislauf: Lungen- und Systemkreislauf sind parallel geschaltet. Der rechte Ventrikel trägt 60–70% zur Systemperfusion bei und pumpt Blut an der Lunge vorbei über den Ductus arteriosus (DAB) in die untere Körperhälfte und über die beiden Nabelarterien (NA) in die Plazenta. Im Gegensatz dazu versorgt der linke Ventrikel v. a. die obere Körperhälfte (insbesondere Kopf und Koronargefäße) mit verhältnismäßig gut gesättigtem Blut, das ihn über Nabelvene (NV), Ductus venosus (DVA), V. cava inferior, rechten Vorhof, Foramen ovale (FO) und linken Vorhof erreicht. (Mod. nach Andrew Broughton, Learning Development Unit, University of Central Lancashire; <http://www.uclan.ac.uk/facs/health/nursing/sonic/scenarios/salfordanim/heart.html/>)

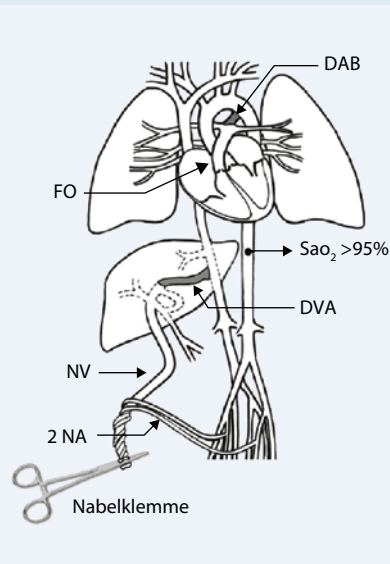


Abb. 2 ▲ Neonataler Kreislauf: Mit dem Abklemmen der Nabelschnur (NS) wird der Plazentarkreislauf abgekoppelt und der Widerstand im Systemkreislauf erhöht sich rasch. Durch Abfall des pulmonalen Gefäßwiderstands kommt es zu einer Zunahme der Lungenperfusion. Nach dem Verschluss der fetalen Shuntverbindungen (DVA Ductus venosus, FO Foramen ovale, DAB Ductus arteriosus) sind Lungen- und Systemkreislauf seriell geschaltet. (Mod. nach Andrew Broughton, Learning Development Unit, University of Central Lancashire; <http://www.uclan.ac.uk/facs/health/nursing/sonic/scenarios/salfordanim/heart.html/>)

fetalen Hämoglobins immerhin in einer Sauerstoffsättigung von 65% resultiert. Zusammen mit venösem Blut aus der V. cava inferior gelangt dieses Blut präferenziell über das Foramen ovale direkt vom rechten in den linken Vorhof („intracardiac streaming“; [41]). Anschließend wird es über den linken Ventrikel in die Aorta ascendens ausgeworfen. Somit erreicht verhältnismäßig gut oxygeniertes Blut das Myokard und das fetale Gehirn. Desoxygeniertes Blut aus der V. cava superior hingegen fließt präferenziell über den rechten Vorhof in den rechten Ventrikel und wird von dort in die Pulmonalarterie gepumpt. Aufgrund des hohen pulmonalen Gefäßwiderstands in utero wird der größte Teil des rechtsventrikulären Herzminutenvolumens über den Ductus arteriosus (Ductus Botalli) in die Aorta descendens und damit die untere Körperhälfte des Feten geleitet. Durch die Beimischung dieses schlecht oxygenierten Blutes beträgt die

Sauerstoffsättigung postduktal lediglich noch 45%. Schließlich gelangt ein Teil des Blutes über die Nabelarterien, die paravaskal aus den Aa. iliacae internae zurück zur Plazenta abgehen. Weil der Gefäßwiderstand der Plazenta niedrig ist, werden 50% des kombinierten rechts- und linksventrikulären Herzminutenvolumens in dieses Gefäßstromgebiet gepumpt [41]. Die geschilderten fetalen Kreislaufverhältnisse sind in **Abb. 1** dargestellt.

Nach der Geburt kommt es normalerweise zu einer dramatischen Umstellung der Kreislaufverhältnisse. Durch das Abnabeln wird das Plazentarstromgebiet von der Zirkulation des Neugeborenen abgekoppelt, und der systemische Gefäßwiderstand steigt rasch an. Mit dem Einsetzen der Atmung fällt der pulmonale Gefäßwiderstand, die Lungenperfusion nimmt zu und der pulmonale Gasaustausch wird ermöglicht. Aufgrund der veränderten Druckverhält-

nisse kommt es über den Ductus arteriosus (Ductus Botalli) zunächst zu einem bidirektionalen und schließlich zu einem Links-rechts-Shunt. Durch die vermehrte Lungenperfusion erhöht sich der pulmonalvenöse Rückfluss und der linksatriale Druck steigt an, was zum funktionellen Verschluss des Foramen ovale führt. Die Muskulatur des Ductus arteriosus reagiert auf ein Ansteigen des Sauerstoffpartialdrucks und kontrahiert sich. Lungen- und Systemkreislauf sind nun seriell geschaltet (**Abb. 2**).

Reaktion auf intrauterine Mangelversorgung

Kommt es in utero oder unter der Geburt zu einer akuten Sauerstoffmangelversorgung des Feten, führt die Stimulation von Chemorezeptoren in der fetalen Aorta ascendens zu einer Bradykardie. Gleichzeitig wird das intrakardiale „streaming“ verstärkt [4, 13] und das Herzminutenvolumen umverteilt, um die Perfusion von Myokard, Zentralnervensystem (ZNS) und Nebennieren sicherzustellen. Parallel dazu kommt es zu einer typischen Abfolge von verschiedenen Atemmustern. Nach einer Periode mit raschen Atembewegungen folgt eine erste oder primäre Apnoephase. Zu diesem Zeitpunkt wird das Neugeborene durch taktile Stimulation wieder zu atmen beginnen. Bei fortgesetzter Mangelversorgung folgt eine Schnappatmung, die schließlich in eine zweite oder sekundäre Apnoephase übergeht. Letztere wird rasch von einem terminalen Blutdruckabfall gefolgt, und Stimulation allein reicht nicht mehr aus, um das Neugeborene aus der sekundären Apnoephase herauszuführen (**Abb. 3**; [7, 11]).

Voraussetzungen für eine normale Adaptation

Wichtigste Voraussetzung für die normale Adaptation des Neugeborenen ist das Einsetzen der Atmung. Mit den ersten Atemzügen wird die noch verbleibende fetale Lungenflüssigkeit verdrängt und die Lunge mit Luft gefüllt [26]. Das Etablieren einer Luft-Flüssigkeits-Grenze erfordert dabei erstaunlich hohe Kräfte [intrapleuraler Druck während der ersten Atemzüge –4

T.M. Berger · S. Pilgrim Reanimation des Neugeborenen

Zusammenfassung

Obwohl rund 10% aller Neugeborenen nach ihrer Geburt einfache respiratorische Unterstützung benötigen, sind weiterführende Reanimationsmaßnahmen nur bei etwa 1% der Neugeborenen notwendig. Da diese relativ seltenen Situationen nicht immer antizipiert werden können, sind Pädiater oder Neonatologen oft nicht verfügbar, und die Reanimation wird von den Geburtshelfern an die Anästhesisten delegiert. In den letzten Jahren wurden die internationalen Empfehlungen zur Neugeborenenreanimation vom International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR), der American Academy of Pediatrics (AAP) und der American Heart Association (AHA) sowie vom European Resuscitation Council (ERC) aktualisiert. Die revidierten Empfehlungen beschreiben einen vereinfachten Reanimationsalgorithmus, in dem die zentrale Rolle der Beatmung hervorgehoben und das Ansteigen der Herzfrequenz als bester Hinweis auf eine effektive Beatmung gewertet werden. Bei mekoniumhaltigem Fruchtwasser soll der Oropharynx nach Ge-

burt des Kopfes nicht mehr abgesaugt werden, und ein intratracheales Absaugen erfolgt nur noch bei schwerer deprimierten Neugeborenen. Die Publikationen erwähnen den Einsatz von Larynxmaske und Kohlendioxid- (CO₂)-Detektoren, ohne jedoch konkrete Empfehlungen abzugeben. Zunehmend wird die Frage kontrovers diskutiert, mit welcher Sauerstoffkonzentration initial reanimiert werden soll (F_IO₂ 21–100%). In den seltenen Fällen, in denen die Herzfrequenz unter 60/min abfällt, kommen weiterführende Maßnahmen (Herzmassage mit der Zweidaumen-technik, Adrenalin 10–30 µg/kgKG i.v.) zum Einsatz. Schließlich wird der mögliche neuroprotektive Effekt einer therapeutischen Hypothermie nach Asphyxie erwähnt, letztlich aber nur darauf hingewiesen, dass eine Hyperthermie vermieden werden soll.

Schlüsselwörter

Adaptation · Fetaler Kreislauf · Fetale Lungenflüssigkeit · Larynxmaske · Sauerstoff

Resuscitation of newborn infants

Abstract

Although almost 10% of all newborn infants need some form of respiratory assistance after birth, only 1% will require more advanced forms of resuscitation. Because these rare events cannot always be anticipated, pediatricians and neonatologists may not be readily available and resuscitation will have to be performed by anesthesiologists. In recent years, international guidelines for neonatal resuscitation have been revised by the International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR), the American Academy of Pediatrics (AAP) and the American Heart Association (AHA), as well as the European Resuscitation Council (ERC). The revised guidelines describe a simplified resuscitation algorithm which emphasizes the central role of respiratory support and an increase in heart rate is judged to be the best marker for successful ventilation. In deliveries complicated by meconium-stained amniotic fluid, intrapartum suctioning of the oropharynx is no lon-

ger recommended and endotracheal suctioning is restricted to severely depressed babies. The new guidelines mention the use of the laryngeal mask airway (LMA) and CO₂ detectors without, however, making firm recommendations. The use of 100% oxygen in neonatal resuscitation is increasingly being challenged. In the rare event of a newborn whose heart rate drops below 60 beats/min, more advanced resuscitation (chest compressions using the 2-thumb-encircling-hands technique, epinephrine 10–30 µg/kgBW i.v.) will be required. Finally, the guidelines mention the possible neuroprotective effect of therapeutic hypothermia after asphyxia, but finally only recommend that hyperthermia should be avoided.

Keywords

Adaptation · Fetal circulation · Fetal lung fluid · Laryngeal mask airway · Oxygen

bis –5,9 kPa (–40 bis –60 cmH₂O)); anschließend normalisiert sich die Compliance (dV/dp) auf Werte um 3–5 ml/cmH₂O [9], d. h. um ein normales Atemzugvolumen von 6 ml/kgKG zu erzeugen, ist z. B. bei einem Termingeborenen mit einem Geburtsgewicht von 4 kg lediglich ein Druckgradient von 0,5–0,8 kPa (5–8 cmH₂O) notwendig.

► Wichtigste Voraussetzung für die normale Adaptation des Neugeborenen ist das Einsetzen der Atmung

Die Belüftung der Lunge und das Aufrechterhalten einer stabilen funktionellen Residualkapazität (FRC) sind wichtige Voraussetzungen für den Abfall des pulmonalen Gefäßwiderstands nach der Geburt. Neben Veränderungen der Gefäßgeometrie durch die Elimination der fetalen Lungenflüssigkeit [25, 44] spielt Sauerstoff eine zentrale Rolle [44], indem der Anstieg des alveolären Sauerstoffpartialdrucks die endotheliale Stickstoffmonoxid- (NO-)Synthetase in den Lungengefäßen stimuliert und damit zu einer Vasodilatation führt.

Normalerweise beginnt das Neugeborene innerhalb von 30–60 s nach der Geburt zu atmen oder zu schreien. Die präduktale Sauerstoffsättigung steigt in den ersten 10 min von einem fetalen Wert um 60 auf >90% an (■ Abb. 4; [28, 30, 39]). Aufgrund des noch offenen Ductus arteriosus kann die postduktale Sauerstoffsättigung unmittelbar nach der Geburt durchaus wesentlich tiefer sein, da in der Übergangsphase der Kreislaufumstellung („transitional circulation“) ein Rechtslinks-Shunt und damit eine Beimischung von venösem Blut in die Aorta descendens noch möglich ist [32, 45]. Dies ist im Rahmen der postpartalen Kreislaufumstellung bis im Alter von 15 min physiologisch. Es macht daher Sinn, die transkutane Sauerstoffsättigung präduktal an der rechten Hand zu messen (■ Abb. 4). Damit kann einerseits bei guter Signalqualität die Herzfrequenz kontinuierlich überwacht und andererseits der Anstieg der Sauerstoffsättigung in den ersten Lebensminuten dokumentiert werden.

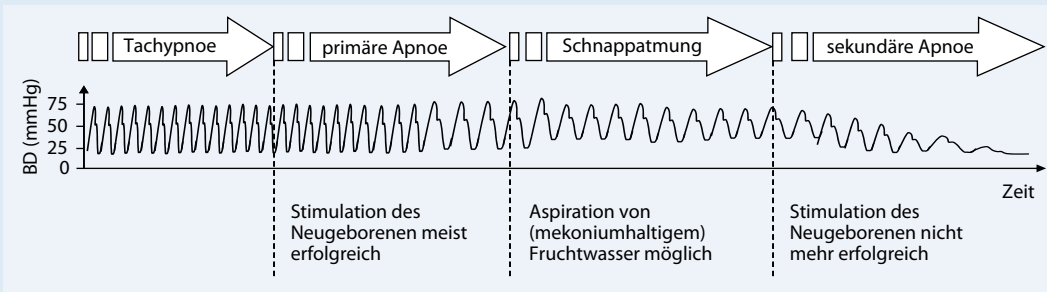


Abb. 3 ▲ Schematische Darstellung der kardiorespiratorischen Reaktion des Feten auf eine intrauterine/peripartale Mangelversorgung: Primäre und sekundäre Apnoe lassen sich klinisch nicht unterscheiden. Da bei sekundärer Apnoe ein Kreislaufzusammenbruch droht, muss jedes Neugeborene, das nach dem Abtrocknen apnoisch bleibt, unverzüglich beatmet werden

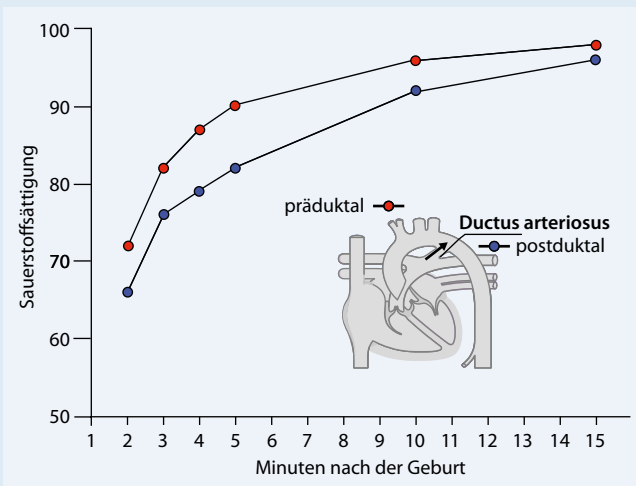


Abb. 4 ◀ Prä- und postduktale Sauerstoffsättigung in den ersten 15 min nach Geburt (Medianwerte, adaptiert nach [30])

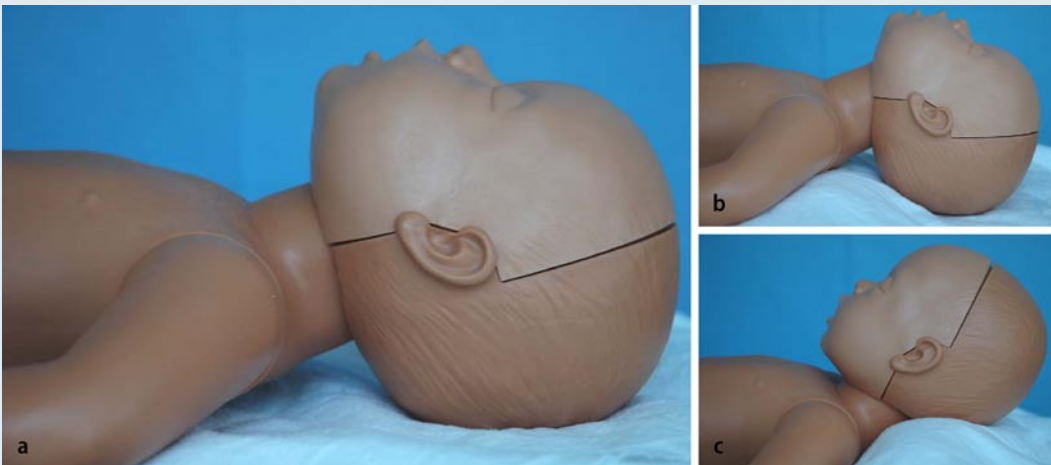


Abb. 5 ◀ Korrekte Lagerung: In der „sniffing position“ (a) sind die Atemwege des Neugeborenen am besten offen zu halten; sowohl Hyperextension (b) als auch Flexion (c) der Halswirbelsäule sollen vermieden werden

Gestörte Adaptation

Ursachen

Verschiedene mütterliche und kindliche Faktoren können mit einem erhöhten Risiko für eine gestörte Adaptation assoziiert sein (■ Tab. 1). Viele dieser Faktoren lassen sich präpartal erkennen, und die Schwangerschaft kann entsprechend als Risikoschwangerschaft eingestuft wer-

den. Aufgrund der zu antizipierenden Schwierigkeiten muss abgeschätzt werden, ob allenfalls eine präpartale Verlegung in ein Perinatalzentrum sinnvoll ist. Bei jeder Geburt können unvorhergesehene schwerwiegende Komplikationen (Plazentalösung, Nabelschnurvorfal, Uterusruptur etc.) oder Adaptationsstörungen auftreten. Dabei können einzelne oder mehrere der geschilderten Adaptationsvorgänge betroffen sein.

Gestörte Flüssigkeitsresorption

Mit einer verzögerten Flüssigkeitsresorption ist insbesondere nach elektiven Kaiserschnitten, sehr raschen Geburten und bei Frühgeborenen zu rechnen. Solange das Neugeborene einen ausreichenden Atemtrieb hat, äußert sich die verzögerte Flüssigkeitsresorption in einem mehr oder weniger ausgeprägten Atemnotsyndrom mit Tachypnoe (Atemfrequenz >60/min), Einziehungen, Nasen-

Tab. 1 Risikosituationen		
Ursprung	Risikofaktoren	Adaptationsstörung
Mütterlich	Präeklampsie, HELLP-Syndrom	Frühgeburtlichkeit (aus mütterlicher Indikation) mit ANS bei HMK oder „wet lung“, Asphyxie, Hypoglykämie bei IUWR, Polyzytämie, Schwächung der Atemmuskulatur durch mütterliche Magnesiumtherapie
	Diabetes mellitus	Makrosomie mit Geburtstrauma, erhöhtes HMK-Risiko, Hypoglykämie bei Hyperinsulinismus
	Amnioninfektsyndrom	Tachykardie, Hypotension, ANS bei Pneumonie, pulmonalarterielle Hypertonie
	Placenta praevia, Insertio velamentosa, Abruption placentae	Hämorrhagischer Schock, Asphyxie, Anämie
	Oligo- bis Anhydramnion	ANS bei Lungenhypoplasie, pulmonalarterielle Hypertonie
Peripartal	Mekoniumhaltiges Fruchtwasser	ANS bei Mekoniumaspiration, pulmonalarterielle Hypertonie (MAS), Asphyxie, Pneumothorax
	Pathologisches CTG	Asphyxie
	Operative vaginale Entbindung (Vakuum, Forceps)	Asphyxie, Klavikulafraktur, Caput succedaneum, Kephalthämatom, subgaleale Blutung, Plexusparese, ANS bei Phrenikusparese
Kindlich	Frühgeburtlichkeit (GA <37 SSW)	ANS bei HMK, Hypoglykämie, Hypothermie
	Übertragung (GA >42 SSW)	ANS bei Mekoniumaspiration, pulmonalarterielle Hypertonie, Asphyxie, Pneumothorax
	Makrosomie	Geburtsstillstand, Schulterdystokie, Asphyxie
	Mehrlinge	Frühgeburtlichkeit mit ANS bei HMK, Asphyxie
	Kongenitale Anomalien	ANS bei Zwerchfellhernie, Atemwegsobstruktion bei Mikrognathie, Hygroma colli, Teratom

ANS Atemnotsyndrom; CTG Kardiotokogramm; GA Gestationsalter, HELLP „haemolysis“, „elevated liver function test“, „low platelet count“, HMK hyaline Membranenkrankheit, MAS Mekoniumaspirationssyndrom, IUWR intrauterine Wachstumsretardierung.

flügeln, expiratorischem Stöhnen und Zyanose.

Gestörter Atemantrieb

Wesentliche Störungen des Atemantriebs kommen v. a. nach peripartaler Asphyxie und bei Frühgeborenen vor. In selteneren Fällen können Medikamente, die an die Mutter verabreicht werden, das kindliche Atemzentrum beeinflussen (z. B. Opiate) oder die kindliche Atemmuskulatur schwächen (z. B. Magnesiuminfusionen bei Präeklampsie).

Gestörte Kreislaufumstellung

Die Gefahr einer gestörten Kreislaufumstellung und damit einer Persistenz des fetalen Kreislaufs besteht z. B. nach peripartaler Asphyxie und Mekoniumaspiration, nach Oligohydramnion bei prolongiertem Blasensprung und konsekutiver Lungenhypoplasie oder im Rahmen einer schweren Sepsis. Auch nach vorerst erfolgreicher Kreislaufumstellung kann ein Neugeborenes sekundär in den fetalen Kreislauf zurückfallen (z. B. bei persistierender Hypoxämie oder schwerer Acidose).

Reanimation des Neugeborenen

Epidemiologie

Man schätzt, dass rund 10% aller Neugeborenen nach ihrer Geburt einfache respi-

Tab. 2 Reanimationstabelle, Intubationsbedingungen

Trachealtubus	2 kgKG, 34 SSW	3 kgKG, 37 SSW	4 kgKG, 40 SSW
Tubusgröße, ID	3,0	3,5	3,5
Einführtiefe, oral [cm]	8	9	10
Einführtiefe, nasal [cm]	9,5	10,5	11,5

ID Innendurchmesser, SSW Schwangerschaftswoche.

Tab. 3 Reanimationstabelle, Medikamente

Medikamente	Dosis	Zubereitung/Indikation	2 kgKG, 34 SSW	3 kgKG, 37 SSW	4 kgKG, 40 SSW
Adrenalin 1:1000 (Amp. à 1 mg/ml)	10–30 µg/kgKG/ Dosis i.v.	1 ml+9 ml NaCl 0,9%ig (1:10.000, 1 ml=100 µg)	0,2–0,6 ml	0,3–0,9 ml	0,4–1,2 ml
NaCl, 0,9%ig Ringer-Laktat	10 ml/kgKG	Volumenbolus	20 ml	30 ml	40 ml
Glucose, 10%ig	5 mg/kgKG/min	Infusion nach Reanimation	6 ml/h	9 ml/h	12 ml/h
	2 ml/kgKG	Symptomatische Hypoglykämie	4 ml	6 ml	8 ml

SSW Schwangerschaftswoche.

ratorische Unterstützung benötigen. Weiterführende Reanimationsmaßnahmen sind hingegen nur bei etwa 1% der Neugeborenen notwendig; hierbei reicht in 80% dieser Fälle eine Maskenbeatmung aus [37]. Beim Termingeborenen sind Intubation, Herzmassage und medikamentöse Reanimation somit nur sehr selten erforderlich (1‰). Weil aber Risikosituationen nicht immer antizipiert werden können, müssen bei jeder Geburt ausge-

bildetes Personal und das Material für eine Neugeborenenreanimation vorhanden sein (■ Tab. 2, 3).

Reanimationsalgorithmus

Wichtige Voraussetzungen für eine optimale Betreuung des Neugeborenen nach der Geburt sind eine gute Kommunikation zwischen Hebammen, Geburtshelfern, Neonatologen und Anästhesisten,

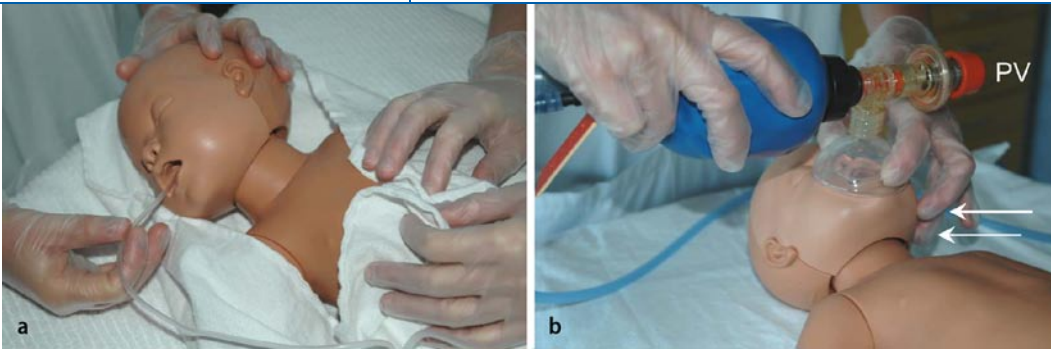


Abb. 6 ▲ Absaugen und Beatmen: **a** Mit einem Absaugkatheter und einem Sog von -20 kPa werden bei Bedarf Mund und Nasenöffnungen von Sekret befreit (durch Seitwärtsdrehen des Kopfes sammelt sich das Sekret in der Backentasche und kann abgesaugt werden, ohne dass die Rachenhinterwand gereizt wird); **b** Beatmung mit Ambu®-Beutel („self-inflating bag“) mit PEEP-Ventil (PV): Maske wird mit dem C-Griff fest über Nase und leicht geöffneten Mund gepresst, Mittel- und Ringfinger stützen an der Mandibula auf (Pfeile) und drücken nicht auf den weichen Mundboden des Neugeborenen

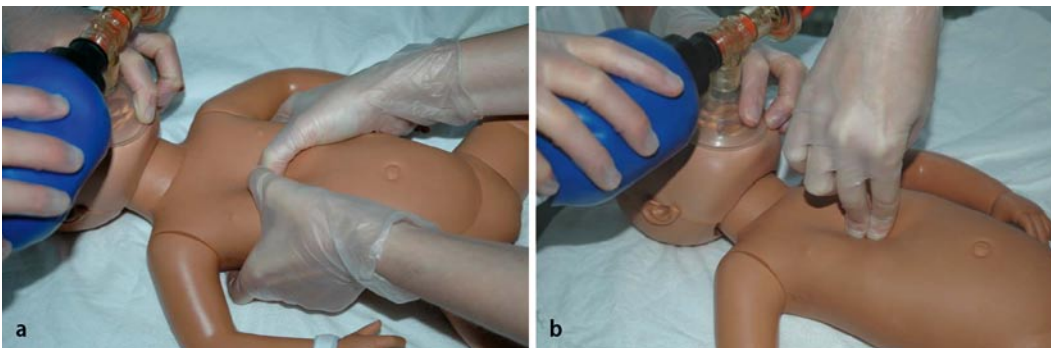


Abb. 7 ▲ Herzmassage: Beim Neugeborenen erfolgt die Herzmassage über dem unteren Sternumdrittel entweder mit übereinander gelegten Daumen, wobei die Hände den Thorax umgreifen (**a**) oder mit Zeigfinger und Mittelfinger (**b**)

die Antizipation eventuell zu erwartender Störungen, umfassende Planung und Vorbereitung von Material und Personal (Rollen bei einer allfälligen Reanimation im Voraus klar definiert) sowie schließlich die klare und ruhige Führung der Reanimation durch eine kompetente Fachperson.

Ist unter der Geburt erkennbar, dass das Neugeborene möglicherweise kompromittiert sein wird, oder zeigt die sofortige Einschätzung nach der Geburt, dass dies der Fall ist, soll das Kind nach dem Abnabeln unverzüglich auf den Reanimationstisch gebracht werden.

Die initialen Maßnahmen umfassen das Abtrocknen des Kindes (Verhindern von Wärmeverlust, gleichzeitig taktile Stimulation), die korrekte Lagerung des Kopfes (neutral, „sniffing position“; **Abb. 5a, b, c**) sowie ein kurzes Absaugen von Mund und Nasenöffnungen (**Abb. 6a**). Anschließend wird beurteilt, ob das Neugeborene einen normalen Atemtrieb zeigt und die Herzfrequenz über $100/\text{min}$ liegt. Sollte dies

nicht der Fall sein, muss die Atmung unterstützt werden (**Abb. 6b**). Da sich klinisch nicht unterscheiden lässt, ob sich ein apnoisches Neugeborenes in der Phase einer primären oder einer sekundären Apnoe befindet (s. Abschn. „Reaktion auf intrauterine Mangelversorgung“), muss zunächst von der ernsteren Situation ausgegangen und keine weitere Zeit mit Stimulationsversuchen verschwendet werden.

Die Beatmung des Neugeborenen im Gebärsaal erfolgt mit einem Beatmungsbeutel [sich selbst entfaltend („self-inflating bag“), durch Gasfluss sich entfaltend („flow-inflating bag“, „anesthesia bag“)] oder mit einem einfachen mechanischen Beatmungsgerät über ein T-Stück [14]. Die Verwendung eines PEEP-Ventils [$0,5$ kPa (5 cmH₂O)] unterstützt die Stabilisierung der bei Neugeborenen noch labilen funktionellen Residualkapazität. Wichtige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Beatmung sind korrekter Sitz der Maske, freie Atemwege und ein ausreichend hoher Beatmungsdruck. Erkenn-

bare (aber nicht exzessive) Thoraxexkursionen, ein rasches Ansteigen der Herzfrequenz und schließlich ein rosiges Hautkolorit bzw. ein Ansteigen der präduktalen Sauerstoffsättigung auf $>90\%$ sprechen für eine adäquate Atemunterstützung. Zweifellos ist eine korrekt durchgeführte Beatmung die wichtigste Reanimationsmaßnahme beim Neugeborenen im Gebärsaal (**Abb. 6b**).

Fällt die Herzfrequenz trotz technisch einwandfreier Beatmung unter $60/\text{min}$ ab, sind weiterführende Reanimationsmaßnahmen notwendig. Dabei wird die Herzmassage mit der Beatmung so koordiniert, dass nach 3 Kompressionen ein Atemstoß verabreicht wird, und insgesamt 90 Kompressionen und 30 Atemstöße/min erfolgen (im Verhältnis von 3:1 insgesamt 120 Ereignisse/min). Die Kompression erfolgt über dem unteren Sternumdrittel, und die Kompressionstiefe muss ein Drittel des anteroposterioren Thoraxdurchmessers betragen. Es ist wichtig, dass die Herzmassage für die Beatmung nur kurz unterbrochen wird

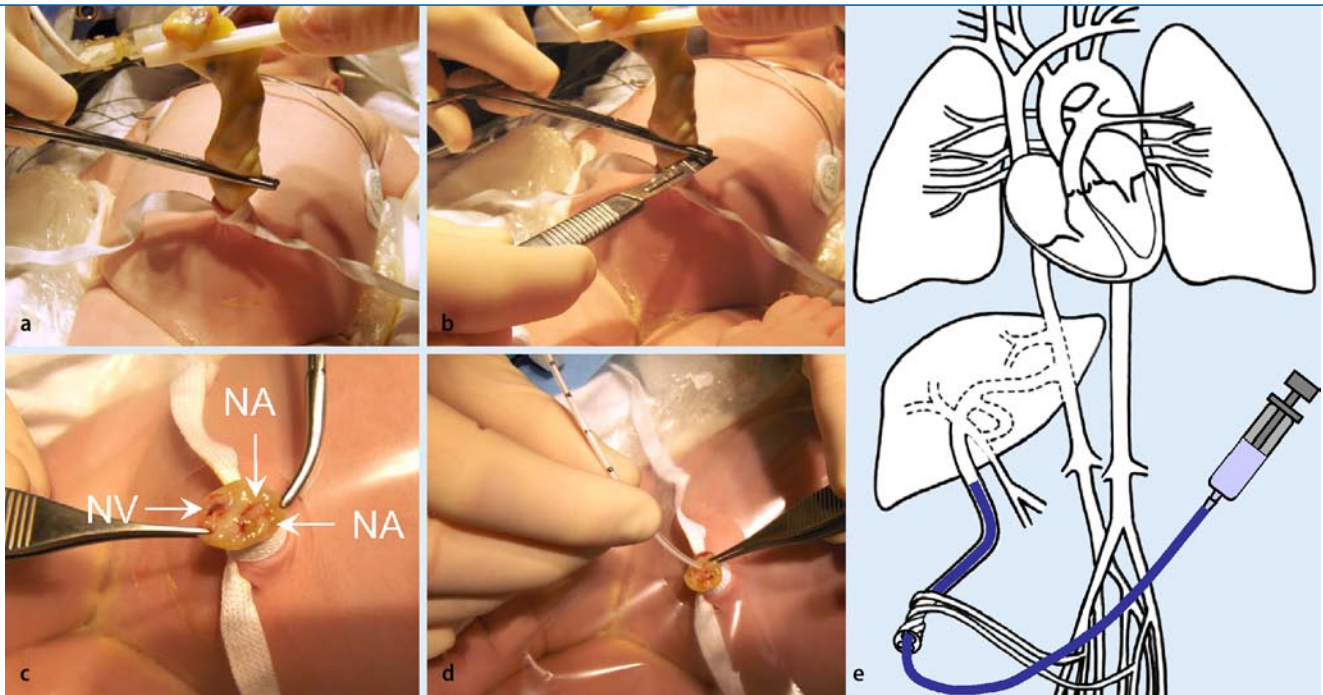


Abb. 8 ▲ Einlage eines Nabelvenenkatheters: **a** Hochhalten der Nabelschnur, Anlegen eines Nabelbandes um den häutigen Nabel (kann bei Blutung gezogen werden); **b** Durchtrennen der Nabelschnur etwa 1 cm oberhalb des Hautnabels entlang einer angelegten Klemme; **c** Identifikation der dünnwandigen Nabelvene (NV) und der beiden dickwandigeren, kontrahierten Nabelarterien (NA); **d** Einführen des Nabelvenenkatheters bis auf eine Tiefe von etwa 5 cm, damit die Katheterspitze nicht intrahepatisch zu liegen kommt (**e**)

(▣ **Abb. 7a, b**). Bei einer mechanischen Reanimation muss rasch die Möglichkeit geschaffen werden, um medikamentös zu reanimieren. Obwohl Adrenalin sowohl über einen Venenkatheter (Nabelvenenkatheter, peripherer Venenkatheter) als auch intratracheal (über einen Trachealtubus) verabreicht werden kann, ist die Wirksamkeit der i.v.-Gabe der intratrachealen deutlich überlegen. Unter Reanimationsbedingungen ist das Einlegen eines Nabelvenenkatheters technisch am einfachsten und soll daher ohne Zeitverzug erfolgen (▣ **Abb. 8**). Über einen liegenden Nabelvenenkatheter kann außerdem Volumen verabreicht und allenfalls auch Blut für Laboruntersuchungen abgenommen werden.

Führen die geschilderten Reanimationsmaßnahmen nicht zum Erfolg oder verschlechtert sich der Zustand eines zunächst erfolgreich reanimierten Neugeborenen sekundär, muss immer ein Pneumothorax ausgeschlossen werden. Die Diagnose kann schwierig sein: Neben einem abgeschwächten Atemgeräusch (Auskultation in der Axilla) ist v. a. auf eine Verlagerung der Herztöne auf die Gegenseite zu achten. Lässt sich der Reanimationsraum verdunkeln, kann insbesondere bei

Frühgeborenen die Diagnose mithilfe der Kaltlicht-Diaphanoskopie gestellt werden (▣ **Abb. 9**).

Die wesentlichen Schritte der Neugeborenenreanimation sind zusammenfassend in ▣ **Abb. 10** dargestellt. Die wichtigste Maßnahme bei der Neugeborenenreanimation ist das Sicherstellen der Atmung; mechanische und medikamentöse kardiale Reanimation sind nur sehr selten notwendig. Nach wie vor umstritten ist die Sauerstoffkonzentration, die initial verwendet werden soll (s. Abschn. „Sauerstoff“).

Neue Aspekte der Empfehlungen zur Neugeborenenreanimation

Die wichtigsten Neuerungen und die weiterhin umstrittenen Aspekte der ILCOR-, AAP/AHA- und ERC-Empfehlungen sollen in den folgenden Abschnitten eingehender beschrieben werden.

Atemweg (A: „airway“)

Larynxmaske

Zur Sicherung des Atemwegs und zur Beatmung wird in den Richtlinien neu der Gebrauch von Larynxmasken erwähnt

[1, 2, 3, 6]. Die Attraktivität der Larynxmaske liegt u. a. darin, dass die notwendigen manuellen Fähigkeiten einfacher und rascher zu lernen und beizubehalten sind als die technisch anspruchsvollere Laryngoskopie und die endotracheale Intubation [47]. Larynxmasken der Größe 1 sind für Neugeborene und Säuglinge mit einem Gewicht von 2,5–5 kg zugelassen. Es gibt aber auch Berichte von ihrem Einsatz bei Frühgeborenen mit einem Geburtsgewicht von weniger als 1500 g [15]. Im Rahmen einer Neugeborenenreanimation ist es denkbar, dass mit einer Larynxmaske aufgrund des maximalen Okklusionsdrucks von 2–2,5 kPa (20–25 cmH₂O) nur ein unzureichend hoher intrapulmonaler Druck erzeugt werden kann, um die Lunge ein erstes Mal zu belüften (s. Abschn. „Reaktion auf intrauterine Mangelversorgung“).

Aufgrund der noch sehr beschränkten Erfahrung mit Larynxmasken in der Neugeborenenreanimation [15, 38, 48] wird deren Einsatz sehr zurückhaltend empfohlen: Eine Beatmung über eine Larynxmaske kann erfolgreich sein, wenn Maskenbeatmung und Intubation erfolglos sind [2], z. B. bei Patienten mit Fehlbildungen der oberen Atemwege (Pier-

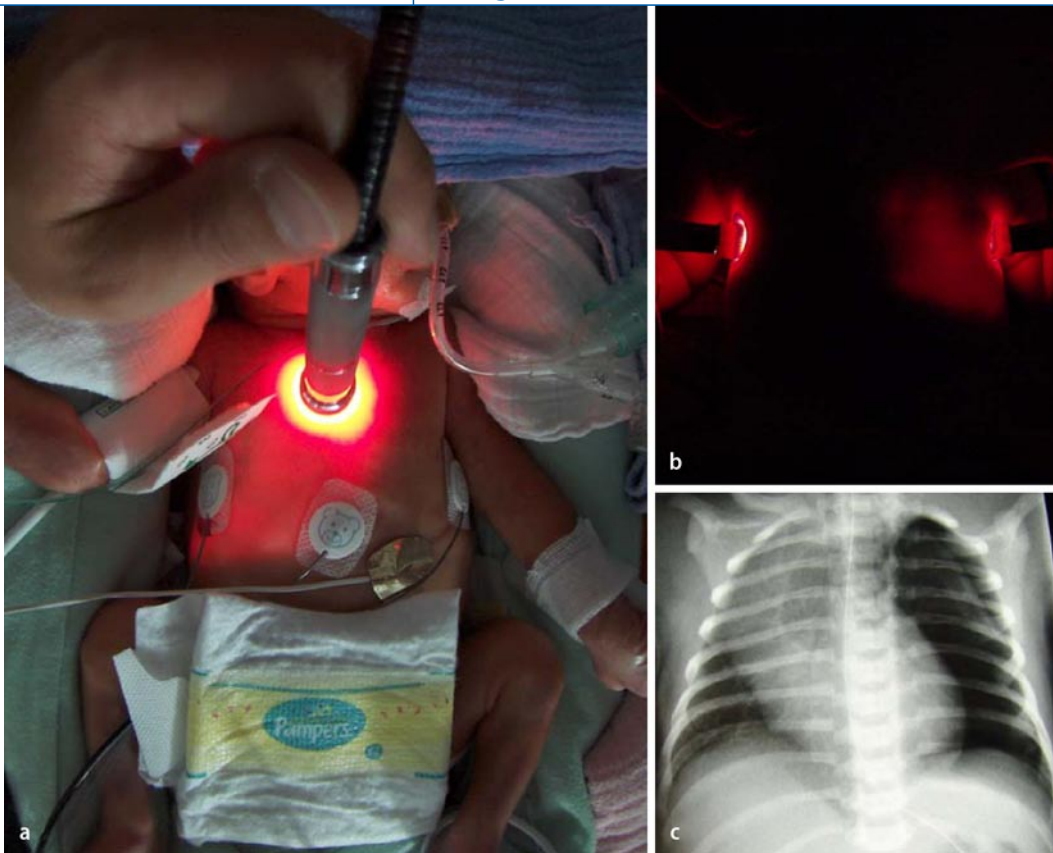


Abb. 9 ◀ Kaltlicht-Diaphanoskopie zur Diagnose eines Pneumothorax: Auf der betroffenen Seite ist ein vergleichbar viel größerer Lichthof erkennbar: **a** Frühgeborenes mit einem rechtsseitigen Spannungspneumothorax; **b** Termingeborenes mit einem linksseitigen Pneumothorax und **c** dazugehöriges Thoraxröntgenbild

re-Robin-Sequenz, [31]; Treacher-Collins-Syndrom, [8]). Die Larynxmaske wird nicht als primärer künstlicher Atemweg empfohlen und ist einem Endotrachealtubus unterlegen, wenn mekoniumhaltiges Fruchtwasser aus der Trachea abgesogen werden muss (s. Abschn. „Mekoniumhaltiges Fruchtwasser“), eine Herzmassage durchgeführt oder Medikamente intratracheal verabreicht werden müssen [2]. Ein Grund dafür, dass sich die Larynxmaske nur sehr zögerlich durchzusetzen vermag, liegt möglicherweise darin, dass Pädiater und Neonatologen im Gegensatz zu Anästhesisten mit diesem Instrument nicht vertraut sind [46].

Expiratorische CO₂-Messung

Eine weitere Methode, die in der Anästhesie routinemäßig zum Einsatz kommt, im Gebärsaal aber leider noch sehr wenig verwendet wird, ist die expiratorische CO₂-Messung zur Bestätigung der Tubusposition. Die revidierten Empfehlungen betonen, dass nach der Intubation eine adäquate Beatmung zu einem prompten Anstieg der Herzfrequenz führen sollte. Der Nachweis von exhalativem CO₂ wird

als nützlich gewertet, wobei einschränkend festgehalten wird, dass bei verminderter pulmonaler Perfusion im Rahmen eines Kreislaufstillstands die Detektion von CO₂ falsch-negativ sein kann [1, 2, 3, 6]. In Zweifelsfällen sollte nicht gezögert werden, die Tubuslage durch eine direkte Laryngoskopie zu überprüfen.

Mekoniumhaltiges Fruchtwasser

Aufgrund der Resultate von zwei großen prospektiven randomisierten Studien [49, 52] wurde das Management von Neugeborenen, die aus mekoniumhaltigem Fruchtwasser heraus geboren werden, in den neuen Empfehlungen revidiert. Das routinemäßige oropharyngeale und nasopharyngeale Absaugen nach Geburt des Kopfes wird nicht mehr empfohlen [1, 2, 3, 6], da es keinen Einfluss auf die Inzidenz oder den Schweregrad des Mekoniumaspirationssyndroms hat [49]. Diese Änderung wurde von einigen Autoren als vorschnell interpretiert, da sie lediglich auf einer (allerdings sehr großen) Studie basiert und das Absaugen nur minimal invasiv ist [20]. Die zweite Änderung betrifft das intratracheale Absaugen von allfällig aspiriertem mekonium-

haltigem Fruchtwasser: Dieses weit invasive Vorgehen soll nur noch bei Neugeborenen erfolgen, die sowohl aus mekoniumhaltigem Fruchtwasser geboren wurden als auch postnatal klinisch schwer deprimiert erscheinen [1, 2, 3, 6].

Für das intratracheale Absaugen bei deprimierten Neugeborenen eignen sich speziell gefertigte Tuben, die direkt an ein Absaugsystem angeschlossen werden können. Mit dem Zeigefinger wird durch Öffnen und Verschließen einer Seitenöffnung der Sog reguliert (▣ **Abb. 11**). Zweifellos können asphyktische Neugeborene bereits in utero im Rahmen der oben beschriebenen Schnappatmung Mekoniumpartikel tief in die Lunge aspirieren, sodass ein postpartales Absaugen nicht mehr erfolgreich ist.

Atmung (B: „breathing“)

Sauerstoff

Tierexperimentelle Studien und klinische Untersuchungen am menschlichen Neugeborenen weisen darauf hin, dass die Verwendung von 100%igem Sauerstoff gegenüber Raumluft bei der Reanimation des Neugeborenen keine Vorteile bringt [12,

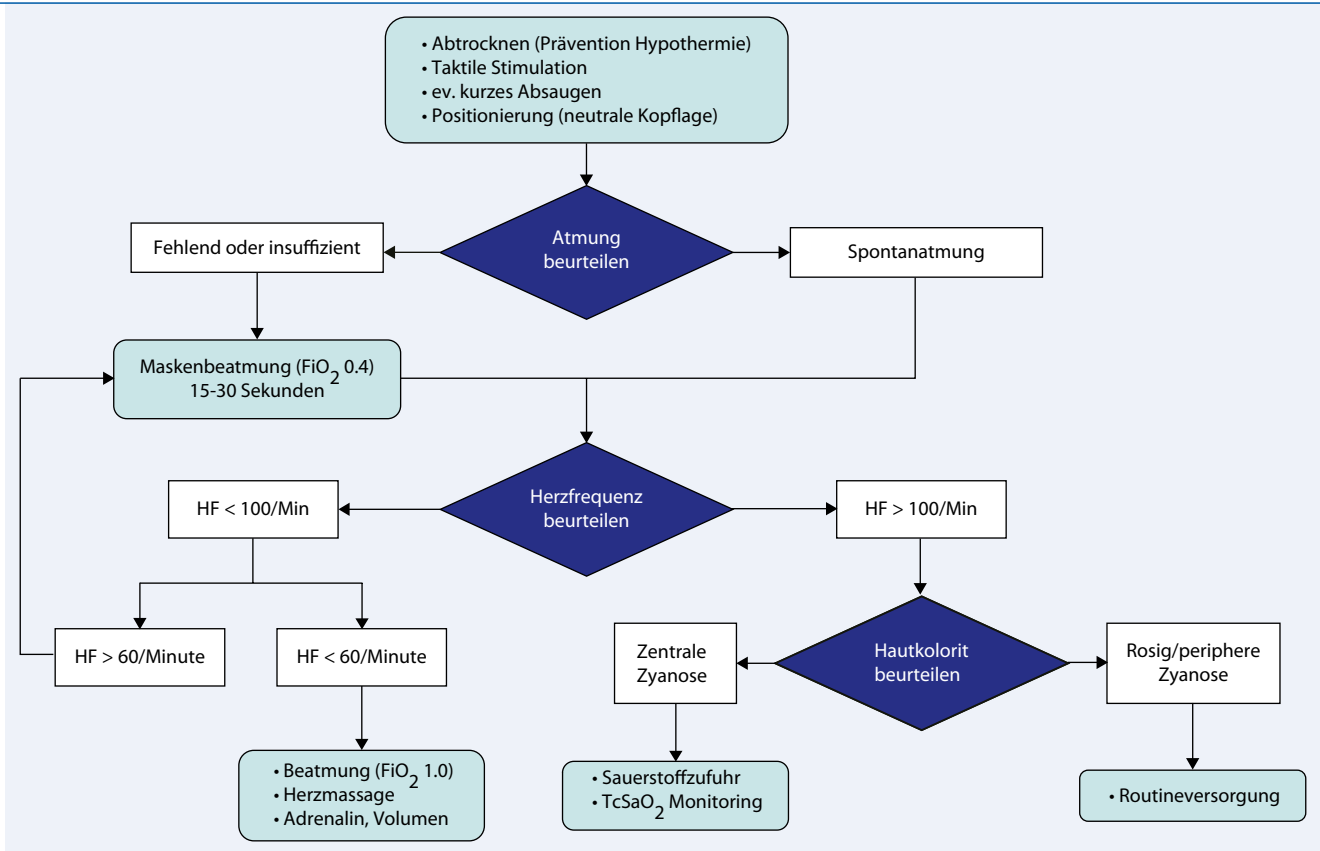


Abb. 10 ▲ Algorithmus der Neugeborenenreanimation. (Mod. nach [1, 2, 3, 6])

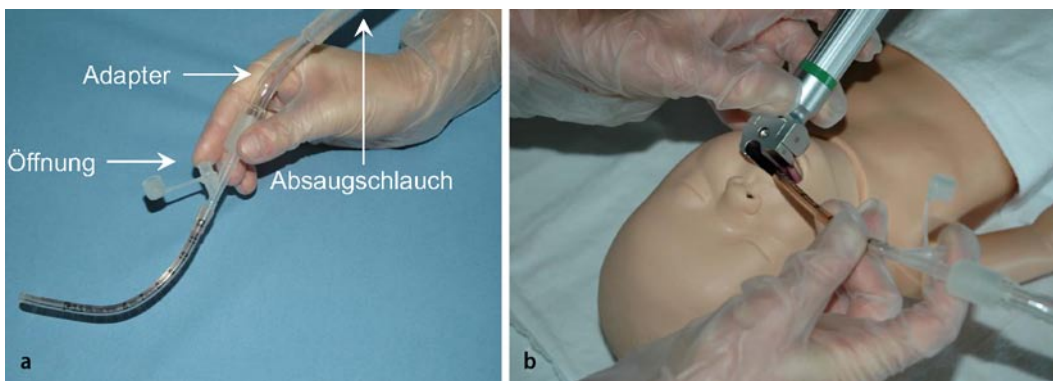


Abb. 11 ◀ Intratracheales Absaugen bei mekoniumhaltigem Fruchtwasser: Speziell gefertigte Endotrachealtuben (a) erleichtern die orotracheale Intubation unter gleichzeitigem Absaugen und das Absaugen von mekoniumhaltigem Fruchtwasser nach der Intubation aus der Trachea (b)

43]. Es gibt Anhaltspunkte, dass eine $F_{I}O_2$ von 100% die Atemregulation und die zerebrale Perfusion v. a. bei Frühgeborenen negativ beeinflussen könnte [29]. Außerdem führt beim Neugeborenen auch eine verhältnismäßig kurze Sauerstoffexposition zu einem nachhaltigen oxidativen Stress [50]. Dabei können sauerstoffradikalvermittelte Zellschädigungen mit langfristigen Folgen nicht ausgeschlossen werden [34].

Die bisher publizierten Studien werden aber z. T. als methodologisch problematisch eingestuft (fehlende Verblindung, fehlende Daten über Langzeitresultate;

[40]). Aufgrund ihrer Interpretationen der aktuellen Datenlage kommen die Reanimationsgremien zu dem Schluss, dass derzeit keine sicheren Aussagen bezüglich der bei der Neugeborenenreanimation zu verwendenden Sauerstoffkonzentration gemacht werden können [1, 2, 3, 6]. Während die ILCOR konsequenterweise gar keine $F_{I}O_2$ mehr angibt, mit der die Reanimation begonnen werden soll [3], empfehlen AHA/AAP und der ERC weiterhin den Beginn mit 100%igem Sauerstoff und lassen tiefere Konzentrationen als Option zu [1, 6]. Aufgrund ihrer neuesten systematischen Übersicht und Metaanaly-

se halten Saugstad et al. diese Schlussfolgerungen allerdings nicht mehr für haltbar [42], eine Einschätzung, die auch von deutschen Experten geteilt wird [20].

In der Schweiz hat eine Arbeitsgruppe der Schweizerischen Gesellschaft für Neonatologie im Jahr 2007 vorgeschlagen, die Neugeborenenreanimation mit einer $F_{I}O_2$ von 40% zu beginnen, und sich im weiteren Verlauf aufgrund der klinischen Antwort und der Pulsoxymetrie an die Bedürfnisse des Kindes anzupassen [5]. In Schweden wurde eine identische Empfehlung bereits 1997 abgegeben, und eine im Jahr 2006 publizierte populationsbasierte

Studie hat gezeigt, dass eine Reanimation mit 40%, verglichen mit 100%, mit einer rascheren Erholung des Apgar-Scores assoziiert ist [22]. Eine Sauerstoffkonzentration von 40% kann entweder mithilfe des Sauerstoffmischgeräts eingestellt werden oder resultiert beim Gebrauch eines sich selbst entfaltenden Beatmungsbeutels ohne Sauerstoffreservoir und einem Gasfluss von 4 l/min 100%igen Sauerstoffs. In den Schweizer Empfehlungen wird ausdrücklich erwähnt, Sauerstoff als Medikament zu betrachten, das dosiert verabreicht werden sollte. Letzteres erfordert Kenntnisse über den normalen Anstieg der Sauerstoffsättigung nach der Geburt (s. Abschn. „Reaktion auf intrauterine Mangelversorgung“ und **Abb. 4**) und den Einsatz eines Pulsoxymeters.

Naloxon

Da Studien zum Einsatz von Naloxon zur Reversion einer opiatbedingten Atemdepression beim Neugeborenen im Gebärsaal weitgehend fehlen, Unklarheiten bezüglich Dosierung und neurotoxischen Nebenwirkungen bestehen und bei Kindern drogenabhängiger Mütter Krampfanfälle ausgelöst werden können [17], wird dieses Medikament nicht als Routine-medikation bei atemdeprimierten Neugeborenen empfohlen [1, 3]. Falls das Medikament in ausgewählten Fällen (z. B. Neugeborene mit Atemdepression, deren Mütter innerhalb von 4 h vor der Geburt ein Opiatpräparat erhalten haben) doch zum Einsatz kommt, soll es in einer Dosis von 0,1 mg/kgKG i.v. oder i.m. verabreicht werden; eine intratracheale Applikation wird nicht mehr empfohlen [1, 3].

Beatmungsstrategien

Da die Atemunterstützung die wichtigste Maßnahme in der Neugeborenenreanimation darstellt, werden in den neuen Empfehlungen einzelne Aspekte besonders hervorgehoben [1, 2, 3, 6]. Es wird betont, dass ein promptes Ansteigen der Herzfrequenz bei einem apnoischen Neugeborenen der beste Hinweis für eine adäquate Beatmung ist. Beatmungsdrücke von 2–2,5 kPa (20–25 cmH₂O) sind meist ausreichend, und die Beatmungsfrequenz sollte zwischen 30 und 60/min liegen. Insbesondere bei Neugeborenen,

die ihre Lungen noch nie mit Luft gefüllt haben, können initial Beatmungsdrücke von >4 kPa (>40 cmH₂O) notwendig sein [1]. Exzessive Thoraxexkursionen sollen aber unbedingt vermieden werden. Dies gilt insbesondere auch für Frühgeborene, da sie besonders anfällig für ein Volutrauma sind [1]. Welche Beatmungsbeutel oder welche mechanischen Beatmungsgeräte im Gebärsaal zum Einsatz kommen, bleibt dem Reanimationsteam überlassen [1, 2, 3, 6].

Kreislauf (C: „circulation“)

Herzmassage

Der neue Reanimationsalgorithmus wurde vereinfacht und sieht vor, dass eine Herzmassage durchgeführt werden muss, wenn die Herzfrequenz trotz adäquater Beatmung weniger als 60/min beträgt [1, 6]. Weil mit der Daumentchnik (**Abb. 7a**) höhere systolische Drücke erzeugt werden können und eine bessere Koronarperfusion erreicht wird, ist sie gegenüber der Zweifingertechnik zu bevorzugen (**Abb. 7b**; [1, 6]). Letztere kann aber vorübergehend angewendet werden, um den Zugang zum Nabel zu erleichtern, wenn ein Nabelvenenkatheter eingelegt werden muss. Es wird empfohlen, die Herzfrequenz in 30-s-Intervallen zu überprüfen und die Herzmassage so lange durchzuführen, bis die Herzfrequenz über 60/min ansteigt.

Adrenalin

Nach Möglichkeit soll Adrenalin in einer Dosis von 10–30 µg/kgKG i.v. verabreicht werden (0,1–0,3 ml/kgKG Adrenalin 1:10.000). Höhere Dosen werden nicht empfohlen. Aufgrund tierexperimenteller Studien geht man davon aus, dass die intratracheale Verabreichung weniger wirksam und Adrenalin in der i.v.-Dosierung unwirksam ist. Steht noch kein venöser Zugang zur Verfügung, kann Adrenalin beim intubierten Neugeborenen in einer Dosis von bis zu 100 µg/kgKG intratracheal verabreicht werden ([1, 2, 3, 6]; **Tab. 3**).

Volumenexpansion

Beim Vorliegen von Zeichen einer Hypovolämie (Tachykardie, schwach palpable Pulse, Blässe) soll eine isotone kristalloi-

de Lösung (0,9%ige NaCl-, Ringer-Laktat-Lösung) in einer Dosis von 10 ml/kgKG verabreicht werden. Kolloidale Lösungen (z. B. 5%ige Albuminlösung) werden ausdrücklich nicht mehr empfohlen. Bestehen anamnestische Hinweise auf einen akuten Blutverlust, kann ungetestetes Blut der Gruppe 0, Rh-neg. (10 ml/kgKG) verwendet werden [1, 2, 3, 6].

Postreanimationsmaßnahmen

Glucose

Nach einer peripartalen Asphyxie können aufgrund ausgeschöpfter Glykogenreserven und in manchen Fällen wegen Hyperinsulinismus rasch Hypoglykämien auftreten und potenziell die neurologische Langzeitprognose des Neugeborenen zusätzlich negativ beeinflussen [21]. Andererseits sollten auch Hyperglykämien vermieden werden, sofern sich Daten aus der Erwachsenenmedizin extrapolieren lassen. In der Regel kann der Blutzucker bei Neugeborenen mit einer Glucosezufuhr von 5 mg/kgKG/min (3 ml/kgKG/h 10%ige Glucoselösung) stabilisiert werden. Ein Glucosebolus (2 ml/kgKG 10%ige Glucoselösung) soll nur bei sehr tiefen Blutzuckerwerten (<1,0–1,5 mmol/l) oder einer symptomatischen Hypoglykämie verabreicht werden.

Therapeutische Hypothermie

In den neuesten Reanimationsempfehlungen der ILCOR, AAP/AHA und des ERC wird die mögliche neuroprotektive Wirkung der therapeutischen Hypothermie bei Neugeborenen mit hypoxisch-ischämischer Enzephalopathie erwähnt, die Datenlage aber noch als unzureichend beurteilt, um den Routineeinsatz dieser Therapieform empfehlen zu können. Die Richtlinien beschränken sich auf den Hinweis, dass eine Hyperthermie vermieden werden soll [1, 2, 3, 6]. In der Zwischenzeit sind weitere Studien publiziert worden, die zusammen mit den früheren Studien die neuroprotektive Wirkung der therapeutischen Hypothermie robust belegen [27]. Kürzlich hat eine Expertengruppe vorgeschlagen, dass die aktuell gültigen Empfehlungen dringend revidiert werden sollten („interim advisory statement“), damit diese Therapieform in die klinische Praxis integriert werden kann [23]. Die Autoren

weisen darauf hin, dass Neugeborene mit einem Nabelschnur-pH <7,0, einem Basendefizit >16 mmol/l oder einer Reanimationsdauer von >10 min, die Zeichen einer mittelschweren bis schweren Enzephalopathie aufweisen, als potenzielle Kandidaten für eine therapeutische Hypothermie zu betrachten sind und rasch in ein Zentrum mit entsprechender Erfahrung verlegt werden sollten. Während des Transports sollte auf ein aktives Aufwärmen des Kindes verzichtet werden.

Nichtbeginn oder Abbruch von Reanimationsmaßnahmen

Nichtbeginn und Beendigung lebenserhaltender Maßnahmen werden als ethisch gleichwertig betrachtet. In manchen Situationen kann es sinnvoll sein, primär auf eine Reanimation zu verzichten [z. B. extreme Frühgeburtlichkeit (Gestationsalter <23 SSW, Geburtsgewicht <400 g), schwere angeborene Fehlbildungen (Anenzephalie, Holoprosenzephalie) oder gewisse Chromosomenaberrationen wie Trisomie 13 und 18; [1, 2, 3, 6]]. In anderen Situationen wird erst während der Reanimation erkennbar, dass ein Überleben mit akzeptabler Lebensqualität nicht mehr möglich ist. Die aktuellen Empfehlungen halten eine Beendigung der Reanimationsmaßnahmen für gerechtfertigt, wenn nach einer 10-minütigen kontinuierlichen und fachgerechten Reanimation keine Lebenszeichen erkennbar sind [1, 2, 3, 6].

Fazit für die Praxis

Kenntnisse der physiologischen Grundlagen der normalen Adaptation des Neugeborenen sind eine wichtige Voraussetzung für die fachgerechte Reanimation. Dabei spielt die korrekte Beatmung eine zentrale Rolle und unterstützt die Umstellung vom parallel geschalteten fetalen zum seriell geschalteten neonatalen Kreislauf. Eine mechanische oder medikamentöse kardiale Reanimation ist beim Neugeborenen hingegen nur selten notwendig. Welche Mittel bei der Beatmung zur Anwendung kommen (Beutelbeatmung über Maske, mechanische Beatmung über T-Stück, Larynxmaske, Trachealtubus) ist sekundär und letztlich von der Erfahrung des Reanimati-

onsteams abhängig. Untersuchungen zu Sauerstofftoxizität und zur Reanimation mit Raumluft haben dazu geführt, dass der routinemäßige Einsatz von reinem Sauerstoff kritisch hinterfragt wird. Aufgrund mehrerer randomisierter Studien zum neuroprotektiven Effekt der therapeutischen Hypothermie sollte diese Therapieform bei asphyktischen Neugeborenen mit mittelschwerer bis schwerer hypoxisch-ischämischer Enzephalopathie erwogen werden.

Korrespondenzadresse

PD Dr. T.M. Berger

Neonatologische und pädiatrische Intensiv-
pflagestation, Kinderspital Luzern
6000 Luzern, Schweiz
thomas.berger@ksl.ch

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. American Heart Association (AHA) (2006) 2005 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiovascular care (ECC) of pediatric and neonatal patients: neonatal resuscitation guidelines. *Pediatrics* 117: e1029–e1038
2. International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) (2005) 2005 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. Part 7: Neonatal resuscitation. *Resuscitation* 67: 293–303
3. International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) (2006) The International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) consensus on science with treatment recommendations for pediatric and neonatal patients: neonatal resuscitation. *Pediatrics* 117: e978–e988
4. Behrman RE, Lees MH, Peterson EN et al. (1970) Distribution of the circulation in the normal and asphyxiated fetal primate. *Am J Obstet Gynecol* 108: 956–969
5. Berger TM, Bernet V, Bühler C et al. (2007) Die Betreuung und Reanimation des Neugeborenen. *Paediatrica* 18: 36–45
6. Biarent D, Bingham R, Richmond S et al. (2005) European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. Section 6. Paediatric life support. *Resuscitation* 67 [Suppl 1]: S97–133
7. Boddy K, Dawes GS (1975) Fetal breathing. *Br Med Bull* 31: 3–7
8. Bucx MJ, Grolman W, Kruisinga FH et al. (2003) The prolonged use of the laryngeal mask airway in a neonate with airway obstruction and Treacher Collins syndrome. *Paediatr Anaesth* 13: 530–533
9. Cook CD, Sutherland JM, Segal S et al. (1957) Studies of respiratory physiology in the newborn infant. III. Measurements of mechanics of respiration. *J Clin Invest* 36: 440–448
10. Cook LA, Watchko JF (1996) Decision making for the critically ill neonate near the end of life. *J Perinatol* 16: 133–136

11. Cross KW, Dawes GS, Hyman A, Mott JC (1964) Hyperbaric oxygen and intermittent positive-pressure ventilation in resuscitation of asphyxiated newborn rabbits. *Lancet* 2: 560–562
12. Davis PG, Tan A, O'Donnell CP, Schulze A (2004) Resuscitation of newborn infants with 100% oxygen or air: a systematic review and meta-analysis. *Lancet* 364: 1329–1333
13. Edelstone DJ, Rudolph AM, Heymann MA (1980) Effects of hypoxemia and decreasing umbilical flow liver and ductus venosus blood flows in fetal lambs. *Am J Physiol* 238: H656–663
14. Finer NN, Rich W, Craft A, Henderson C (2001) Comparison of methods of bag and mask ventilation for neonatal resuscitation. *Resuscitation* 49: 299–305
15. Gandini D, Brimacombe JR (1999) Neonatal resuscitation with the laryngeal mask airway in normal and low birth weight infants. *Anesth Analg* 89: 642–643
16. Gluck L, Kulovich MV, Borer RC Jr et al. (1971) Diagnosis of the respiratory distress syndrome by amniocentesis. *Am J Obstet Gynecol* 109: 440–445
17. Guinsburg R, Wyckoff MH (2006) Naloxone during neonatal resuscitation: acknowledging the unknown. *Clin Perinatol* 33: 121–132 viii
18. Hales KA, Morgan MA, Thurnau GR (1993) Influence of labor and route of delivery on the frequency of respiratory morbidity in term neonates. *Int J Gynaecol Obstet* 43: 35–40
19. Hallman M, Kulovich M, Kirkpatrick E et al. (1976) Phosphatidylinositol and phosphatidylglycerol in amniotic fluid: indices of lung maturity. *Am J Obstet Gynecol* 125: 613–617
20. Hansmann G, Bühler C, Dziatko M, Höhn T (2007) Erstversorgung und Reanimation von Neugeborenen. *Notfallmedizin up2date* 2: 1–23
21. Hawdon JM, Ward Platt MP, Aynsley-Green A (1994) Prevention and management of neonatal hypoglycaemia. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 70: F60–64 discussion F65
22. Hellstrom-Westas L, Forsblad K, Sjors G et al. (2006) Earlier Apgar score increase in severely depressed term infants cared for in Swedish level III units with 40% oxygen versus 100% oxygen resuscitation strategies: a population-based register study. *Pediatrics* 118: e1798–e1804
23. Hoehn T, Hansmann G, Bühler C et al. (2008) Therapeutic hypothermia in neonates. Review of current clinical data, ILCOR recommendations and suggestions for implementation in neonatal intensive care units. *Resuscitation* 78: 7–12
24. Hoehn T, Humpal T, Zimmermann A et al. (2008) Besondere Notfallsituationen bei Früh- und Reifgeborenen. *Monatsschr Kinderheilkd* 156: 489–504
25. Hooper SB (1998) Role of luminal volume changes in the increase in pulmonary blood flow at birth in sheep. *Exp Physiol* 83: 833–842
26. Hooper SB, Kitchen MJ, Wallace MJ et al. (2007) Imaging lung aeration and lung liquid clearance at birth. *FASEB J* 21: 3329–3337
27. Jacobs S, Hunt R, Tarnow-Mordi W et al. (2007) Cooling for newborns with hypoxic ischaemic encephalopathy. *Cochrane Database Syst Rev*: CD003311
28. Kamlin CO, O'Donnell CP, Davis PG, Morley CJ (2006) Oxygen saturation in healthy infants immediately after birth. *J Pediatr* 148: 585–589
29. Lundstrom KE, Pryds O, Greisen G (1995) Oxygen at birth and prolonged cerebral vasoconstriction in preterm infants. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 73: F81–86

30. Mariani G, Dik PB, Ezquer A et al. (2007) Pre-ductal and post-ductal O₂ saturation in healthy term neonates after birth. *J Pediatr* 150: 418–421
31. Markakis DA, Sayson SC, Schreiner MS (1992) Insertion of the laryngeal mask airway in awake infants with the Robin sequence. *Anesth Analg* 75: 822–824
32. Meier-Stauss P, Bucher HU, Hurlimann R et al. (1990) Pulse oximetry used for documenting oxygen saturation and right-to-left shunting immediately after birth. *Eur J Pediatr* 149: 851–855
33. Minino AM, Heron MP, Murphy SL, Kochanek KD (2007) Deaths: final data for 2004. *Natl Vital Stat Rep* 55: 1–119
34. Naumburg E, Bellocco R, Cnattingius S et al. (2002) Supplementary oxygen and risk of childhood lymphatic leukaemia. *Acta Paediatr* 91: 1328–1333
35. Olver RE, Strang LB (1974) Ion fluxes across the pulmonary epithelium and the secretion of lung liquid in the foetal lamb. *J Physiol* 241: 327–357
36. Olver RE, Walters DV, S MW (2004) Developmental regulation of lung liquid transport. *Annu Rev Physiol* 66: 77–101
37. Palme-Kilander C (1992) Methods of resuscitation in low-Apgar-score newborn infants – A national survey. *Acta Paediatr* 81: 739–744
38. Paterson SJ, Byrne PJ, Molesky MG et al. (1994) Neonatal resuscitation using the laryngeal mask airway. *Anesthesiology* 80: 1248–1253 discussion 1227A
39. Rabi Y, Yee W, Chen SY, Singhal N (2006) Oxygen saturation trends immediately after birth. *J Pediatr* 148: 590–594
40. Richmond S (2007) ILCOR and neonatal resuscitation 2005. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 92: F163–165
41. Rychik J (2004) Fetal cardiovascular physiology. *Pediatr Cardiol* 25: 201–209
42. Saugstad OD, Ramji S, Soll RF, Vento M (2008) Resuscitation of newborn infants with 21% or 100% oxygen: an updated systematic review and meta-analysis. *Neonatology* 94: 176–182
43. Saugstad OD, Ramji S, Vento M (2005) Resuscitation of depressed newborn infants with ambient air or pure oxygen: a meta-analysis. *Biol Neonate* 87: 27–34
44. Teitel DF, Iwamoto HS, Rudolph AM (1990) Changes in the pulmonary circulation during birth-related events. *Pediatr Res* 27: 372–378
45. Toth B, Becker A, Seelbach-Gobel B (2002) Oxygen saturation in healthy newborn infants immediately after birth measured by pulse oximetry. *Arch Gynecol Obstet* 266: 105–107
46. Trevisanuto D, Ferrarese P, Zanardo V, Chiandetti L (2004) Laryngeal mask airway in neonatal resuscitation: a survey of current practice and perceived role by anaesthesiologists and paediatricians. *Resuscitation* 60: 291–296
47. Trevisanuto D, Micaglio M, Ferrarese P, Zanardo V (2004) The laryngeal mask airway: potential applications in neonates. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 89: F485–489
48. Trevisanuto D, Micaglio M, Pitton M et al. (2004) Laryngeal mask airway: is the management of neonates requiring positive pressure ventilation at birth changing? *Resuscitation* 62: 151–157
49. Vain NE, Szyld EG, Prudent LM et al. (2004) Oro-pharyngeal and nasopharyngeal suctioning of meconium-stained neonates before delivery of their shoulders: multicentre, randomised controlled trial. *Lancet* 364: 597–602
50. Vento M, Asensi M, Sastre J et al. (2001) Resuscitation with room air instead of 100% oxygen prevents oxidative stress in moderately asphyxiated term neonates. *Pediatrics* 107: 642–647
51. Wall SN, Partridge JC (1997) Death in the intensive care nursery: physician practice of withdrawing and withholding life support. *Pediatrics* 99: 64–70
52. Wiswell TE, Gannon CM, Jacob J et al. (2000) Delivery room management of the apparently vigorous meconium-stained neonate: results of the multicenter, international collaborative trial. *Pediatrics* 105: 1–7