

Kapitel 7. Die Versorgung und Reanimation des Neugeborenen

Jonathan Wyllie, Jos Bruinenberg, Charles Christoph Roehr, Mario Rüdiger, Daniele Trevisanuto, Berndt Urlesberger.

Jonathan Wyllie

Abteilung für Neonatologie, The James Cook University Hospital, Middlesbrough,
Großbritannien

Jos Bruinenberg

Abteilung für Kinderheilkunde, Sint Elisabeth Hospital, Tilburg, Niederlande

Daniele Trevisanuto

Abteilung für Frauen- und Kindergesundheit, Padua University, Azienda Ospedaliera di
Padova, Padua, Italien

Charles Christoph Roehr

Abteilung für Neonatologie, Charité Universitätsmedizin, Berlin, Germany
Newborn Services, John Radcliffe Hospital, Oxford University Hospitals, Oxford,
Großbritannien

Mario Rüdiger

Abteilung für Neonatologie, Medizinische Fakultät Carl Gustav Carus, TU Dresden,
Deutschland

Berndt Urlesberger

Abteilung für Neonatologie, Medizinische Universität Graz, Österreich

Die Autoren der Leitlinien gedenken Sam Richmond und danken ihm für seine wertvollen
Beiträge zu diesem Kapitel.

Bitte zitieren Sie diesen Artikel als: J. Wyllie, J. Bruinenberg, C.C. Roehr et al (2015) Die Versorgung und Reanimation des Neugeborenen. Kapitel 7 der Leitlinien zur Reanimation 2015 des European Resuscitation Council. Notfall Rettungsmed, doi: 10.1007/s10049-015-0090-0

[h1] Einleitung

Die folgenden Leitlinien zur Neugeborenenreanimation sind das Ergebnis des „2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations (CoSTR 2015)“^{1,2}. Sie stellen eine Aktualisierung der bereits durch das ERC veröffentlichten Leitlinien³ dar und berücksichtigen Empfehlungen nationaler sowie internationaler Organisationen und bestehende evidenzbasierte Erkenntnisse.⁴

[h1] Zusammenfassung der Veränderungen im Vergleich zu den Leitlinien 2010

Die neuen Leitlinien 2015 zur Stabilisierung und Reanimation des Neugeborenen beinhalten folgende wesentliche Veränderungen:

- **Unterstützung der Anpassung:** Die Situation nach der Geburt ist einzigartig im Leben. Neugeborene benötigen selten eine vollständige Reanimation, aber mitunter stabilisierende Maßnahmen. Der Terminus „Unterstützung der Anpassung“ wurde zur besseren Unterscheidung zwischen Reanimationsmaßnahmen, die Organfunktionen wiederherstellen sollen, und unterstützenden Maßnahmen während der Umstellung des Körpers eingeführt.
- **Abnabeln:** Für unbeeinträchtigte, gesunde Neugeborene wird ein verzögertes Abnabeln, frühestens eine Minute nach der Geburt, empfohlen. Dies gilt für reife Neugeborene und Frühgeborene. Für Neugeborene, die Reanimationsmaßnahmen benötigen, können derzeit aufgrund fehlender Daten keine Empfehlungen bezüglich des idealen Zeitpunkts des Abnabelns gegeben werden.
- **Temperatur:** Die Körpertemperatur von nicht asphyktischen Neugeborenen soll zwischen 36,5 und 37,5 °C gehalten werden. Da das Wärmemanagement für gesunde Neugeborene einen großen Einfluss auf Morbidität und Mortalität hat, soll in diesen Leitlinien nochmals besonders darauf hingewiesen werden. Die Körpertemperatur bei Aufnahme soll immer dokumentiert und als Prädiktor für das Outcome und als Qualitätsmerkmal der Versorgung angesehen werden.
- **Wärmemanagement bei Frühgeborenen:** Bei Frühgeborenen <32 Schwangerschaftswochen ist eine Kombination von mehreren Maßnahmen notwendig, um nach der Aufnahme und während der Stabilisierung eine Temperatur von 36,5 bis 37,5 °C zu erreichen und aufrechtzuerhalten. Dies kann gewärmte und befeuchtete Atemgase, eine Erhöhung der Raumtemperatur und zusätzlich das

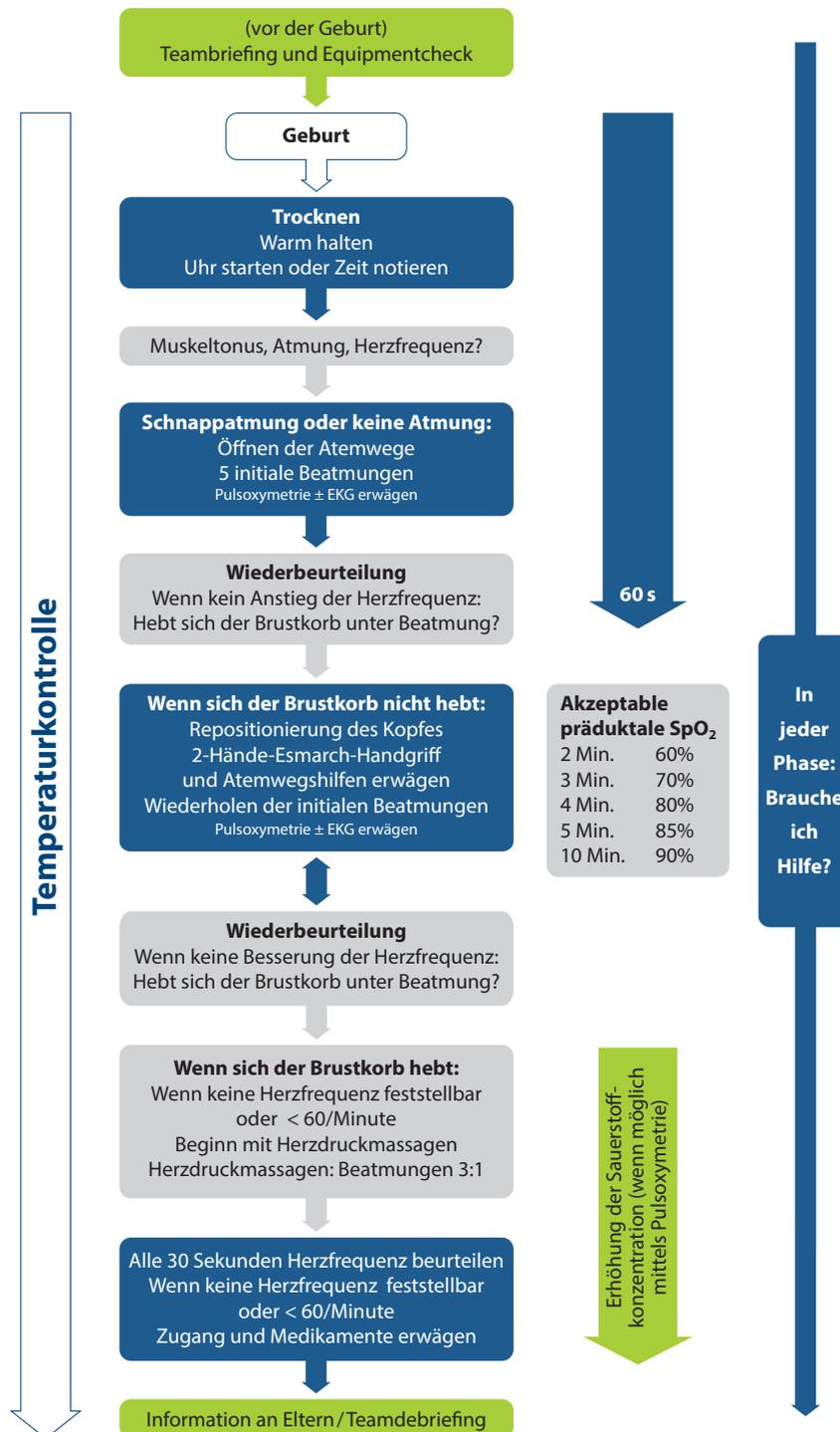
Einwickeln von Körper und Kopf (unter Aussparung des Gesichtes) in eine Plastikfolie und/oder eine Versorgung auf einer Wärmematratze beinhalten. Alle diese Maßnahmen können eine Hypothermie verhindern.

- **Optimale Bestimmung der Herzfrequenz:** Bei Neugeborenen, die Reanimationsmaßnahmen benötigen wird angeregt, ein EKG zur schnellen und sicheren Bestimmung der Herzfrequenz zu verwenden.
- **Mekonium:** Die tracheale Intubation eines avitalen Neugeborenen mit Mekonium soll nicht mehr routinemäßig, sondern nur noch bei Verdacht auf eine Obstruktion der Trachea durchgeführt werden. Entscheidend ist, bei fehlender oder insuffizienter Spontanatmung innerhalb der ersten Lebensminute mit einer Beatmung zu beginnen und dies nicht zu verzögern.
- **Raumluft/Sauerstoff:** Die Beatmung eines reifen Neugeborenen soll mit Raumluft beginnen. Für Frühgeborene kann anfangs ebenfalls Raumluft oder eine geringe Sauerstoffkonzentration (bis 30%) verwendet werden. Wenn es trotz effektiver Beatmungen zu keinem zufriedenstellenden Anstieg der Sauerstoffkonzentration kommt (idealerweise gemessen über eine Pulsoxymetrie), soll eine Erhöhung der Sauerstoffkonzentration in Erwägung gezogen werden.
- **CPAP:** Für ein spontan atmendes Neugeborenes mit Zeichen einer angestregten Atmung hat eine Atemunterstützung mittels CPAP einen höheren Stellenwert als eine Intubation.

Die vorliegenden Leitlinien definieren sicher nicht den einzig gangbaren Weg für die Reanimation eines Neugeborenen. Vielmehr entsprechen sie einer weit verbreiteten und akzeptierten Auffassung über eine sichere und effektive Durchführung von Reanimationsmaßnahmen nach der Geburt.

[h1] Vorbereitung

Die Anpassung vom fetalen Leben an das Leben nach der Geburt erfordert anatomische und physiologische Veränderungen. Mit dem Ende des intrauterinen Gasaustausches über die Plazenta müssen sich die intrauterin mit Flüssigkeit gefüllten Lungen mit Luft füllen, um den pulmonalen Gasaustausch zu übernehmen. Die Absorption von Fruchtwasser, die Füllung



der Lungen mit Luft, die ersten Atemzüge und das Ende der placentaren Versorgung sind die wesentlichen Veränderungen in dieser Phase.

Nur eine sehr geringe Anzahl von Neugeborenen benötigt eine Reanimation nach der Geburt. Allerdings brauchen einige Neugeborene in der oben beschriebenen

Anpassungsphase unterstützende Maßnahmen. Werden diese nicht durchgeführt, können als Folge letztlich doch Reanimationsmaßnahmen erforderlich werden. Meistens bestehen diese dann jedoch lediglich in einer kurzen assistierten Belüftung der Lungen. Nur eine kleine Minderheit braucht zusätzlich zur Belüftung der Lungen kurzzeitig Thoraxkompressionen. In einer retrospektiven Studie zeigten 85% der reifen Neugeborenen innerhalb von 10 bis 30 Sekunden nach der Geburt eine Spontanatmung, weitere 10% begannen unter Abtrocknen und Stimulation zu atmen, bei etwa 3% setzte eine Spontanatmung letztlich unter Maskenventilation ein. Lediglich 2% mussten zur Atemunterstützung intubiert werden, und bei nur 0,1% waren Thoraxkompressionen und/oder eine Adrenalingabe notwendig.⁵⁻⁷ Von 97.648 in einem Jahr in Schweden geborenen Babys mit einem Gewicht von über 2500 g waren bei lediglich 10 von 1000 (1%) postnatale Reanimationsmaßnahmen notwendig.⁸ In 8 von 1000 Fällen war eine Maskenbeatmung ausreichend, lediglich 2 von 1000 Neugeborenen mussten intubiert werden. Dieselbe Studie untersuchte die Häufigkeit unvorhergesehener Reanimationen nach der Geburt. Bei Neugeborenen mit geringem Risiko (problemlose Entbindung nach der 32. Schwangerschaftswoche) waren lediglich in 2 von 1000 Fällen (0,2%) unterstützende bzw. Reanimationsmaßnahmen notwendig. Von diesen 0,2% sprachen 90% auf eine alleinige Maskenbeatmung an, die übrigen 10% stabilisierten sich nicht unter Maskenbeatmung und wurden daher intubiert. Thoraxkompressionen waren nahezu niemals notwendig.

Das Risiko für Reanimationsmaßnahmen oder stabilisierende Maßnahmen nach der Geburt ist allerdings höher bei einem bereits peripartalen Hinweis auf eine schwerwiegende Beeinträchtigung des Fetus, bei Frühgeborenen unter der 35. Schwangerschaftswoche, bei Zangengeburt, mütterlichen Infektionen oder Mehrlingsschwangerschaften.⁹ Neugeborene nach einer Entbindung per Sectio caesarea, vor allem vor der 39. Schwangerschaftswoche, haben ebenfalls ein höheres Risiko für respiratorische Anpassungsstörungen und benötigen häufiger unterstützende Maßnahmen.¹⁰⁻¹³ Elektive Schnittentbindungen am Geburtstermin zeigen bei Fehlen weiterer Risikofaktoren allerdings keine erhöhte Wahrscheinlichkeit für Reanimationsmaßnahmen.¹⁴⁻¹⁷

Da es zwar häufig, aber nicht immer möglich ist, die Notwendigkeit von Reanimationsmaßnahmen vorherzusehen, und prinzipiell jedes Neugeborene während und nach der Geburt Unterstützung benötigen kann, soll bei jeder Geburt in Neugeborenenreanimation trainiertes Personal schnell und leicht verfügbar sein. Bei Risikogeburten muss darüber hinaus speziell neonatologisch ausgebildetes und trainiertes Personal zur Verfügung stehen, und zumindest eine Person muss in der Intubation von Neugeborenen erfahren sein. Ist die Reanimation des Neugeborenen notwendig, muss dies

die einzige und ausschließliche Aufgabe dieses Teams sein. Basierend auf aktueller Praxis und klinischer Qualitätsprüfung sollen lokale Leitlinien entwickelt werden, die festlegen, welches Personal bei Geburten anwesend sein soll. Jede Institution muss über ein Notfallprotokoll verfügen, das die Alarmierungsstruktur klar regelt und eine schnelle Verfügbarkeit von in Neugeborenenreanimation ausgebildetem und trainiertem Personal zu jeder Zeit ermöglicht. Wann immer die Zeit es erlaubt, soll das versorgende Team zunächst ein Briefing erhalten, und die Rollen im Team sollen eindeutig verteilt werden. Ebenso ist es wichtig, die Eltern auf eine möglicherweise notwendig werdende Reanimation vorzubereiten.

Ein strukturiertes Ausbildungsprogramm für Standards und Fertigkeiten der Neugeborenenreanimation ist daher für jede geburtshilflich tätige Einrichtung unabdingbar. Kontinuierliches Lernen und Praktizieren sind notwendig, um die klinischen Fertigkeiten zu erhalten.

[h2] Geplante Hausgeburten

Von Land zu Land finden sich unterschiedliche Empfehlungen, welche Personen bei einer geplanten Hausgeburt anwesend sein sollen. Ist die Entscheidung für eine geplante Hausgeburt in Abstimmung mit dem Arzt und der Hebamme gefallen, müssen auch hierbei die Standards der Neugeborenenversorgung bezüglich initialer Beurteilung des Neugeborenen, stabilisierender Maßnahmen und einer mitunter notwendigen Reanimation gelten. Bereits bei der Planung einer Hausgeburt muss die werdende Mutter darüber aufgeklärt werden, dass aufgrund der schwierigeren Verfügbarkeit weiterer Hilfe eine Reanimation in häuslicher Umgebung zwangsläufig nicht im vollen Umfang durchgeführt werden kann. Idealerweise sollen bei allen Hausgeburten zwei trainierte professionelle Helfer anwesend sein. Mindestens einer der beiden Helfer muss in der Durchführung von Maskenbeatmung und Thoraxkompressionen bei Neugeborenen gut trainiert und erfahren sein.

[h2] Material und Vorbereitung

Im Gegensatz zu einer Reanimation im Erwachsenenalter, ist eine Reanimation nach der Geburt oft ein vorhersehbares Ereignis. Daher ist es meist möglich, Umgebung und Ausrüstung noch vor der Entbindung eines Babys entsprechend vorzubereiten. Die Versorgung eines kritisch kranken Neugeborenen soll in einer warmen, gut beleuchteten und zugluftfreien Umgebung stattfinden. Das Baby soll unter einem Heizstrahler (im klinischen Umfeld) auf eine gerade und glatte Fläche gelegt werden. Sämtliches zur Reanimation notwendige Material muss leicht verfügbar sein. Es muss regelmäßig auf Vollständigkeit und Funktion überprüft werden.

Findet eine Geburt außerhalb der üblichen Entbindungsbereiche statt, soll als Mindestausstattung folgendes Equipment zur Verfügung stehen:

- ein Hilfsmittel zur sicheren, assistierten Beatmung in der passenden Größe für Neugeborene,
- warme, trockene Tücher und Laken,
- sterile Instrumente zum Abklemmen und Durchtrennen der Nabelschnur,
- saubere Handschuhe für alle Versorgenden.

Da unerwartete Geburten außerhalb des klinischen Umfelds vor allem das Personal des Rettungsdienstes betreffen, soll dieses auf die Versorgung von Neugeborenen vorbereitet und trainiert sein.

[h2] Abnabelungszeitpunkt

Neugeborene, deren Nabelschnur vor dem ersten Atemzug abgeklemmt wurde, zeigen in cine-radiographischen Studien während der ersten Atemzüge nach der Geburt eine sofortige Verminderung der Herzgröße für die folgenden drei bis vier Herzzyklen. Danach wird das Herz wieder größer, etwa entsprechend der Größe des fetalen Herzens. Die initiale Größenabnahme erklärt sich durch eine Verringerung des Lungengefäßwiderstands nach Füllung des nun durchbluteten pulmonalen Gefäßsystems durch die Öffnung der Lungen. Die anschließend zu beobachtende Größenzunahme lässt sich demnach durch das nun von der Lunge zum Herzen wieder zurückfließende Blut interpretieren.¹⁸ Brady et al. beschreiben eine Bradykardie bei einem Abklemmen der Nabelschnur vor dem ersten Atemzug. Diese ließ sich bei einem Abklemmen der Nabelschnur erst nach Etablierung der Atmung nicht nachweisen.¹⁹ Entsprechend einer tierexperimentellen Studie mit Lämmern scheint diese Beobachtung auch für Frühgeborene zu gelten.²⁰

Ein spätes Abnabeln hat in Studien eine Verbesserung des Eisenstatus und weiterer Werte des roten Blutbilds in den ersten drei bis sechs Monaten postnatal gezeigt. Frühgeborene wiesen eine geringere Transfusionsbedürftigkeit auf.^{21,22} Diese Studien beschreiben ebenfalls bei den spät abgenabelten Kindern die häufigere Notwendigkeit einer Phototherapie im Rahmen einer Hyperbilirubinämie. Das konnte in einer randomisiert-kontrollierten Studie allerdings nicht nachgewiesen werden.²¹

Eine systematische Übersicht zum späten Abnabeln und Ausstreifen der Nabelschnur („umbilical cord milking“) bei Frühgeborenen zeigte im Vergleich zur Kontrollgruppe eine verbesserte klinische Stabilisierung in der direkten postnatalen Phase sowie einen höheren

mittleren Blutdruck (MAD) und höhere Hämoglobinwerte bei Aufnahme.²³ Außerdem waren bei diesen Kindern in den folgenden Wochen weniger Bluttransfusionen notwendig. Einige Studien scheinen zudem für eine geringere Inzidenz an intraventrikulären Blutungen, dem Auftreten einer Periventrikulären Leukomalazie^{22,24,25} und Late-onset-Septitiden²⁴ zu sprechen.

Es gibt bisher keine Humandaten, die den Einfluss eines späten Abnabelns bei reanimationspflichtigen Neugeborenen beschreiben, da diese Kinder aus den entsprechenden Studien immer ausgeschlossen wurden.

Unbeeinträchtigte Neugeborene, die keine Reanimationsmaßnahmen benötigen, sollen daher verzögert, frühestens nach einer Minute, abgenabelt werden. Diese Empfehlung gilt auch für stabile Frühgeborene. Bis zur Verfügbarkeit neuer Erkenntnisse sollen Neugeborene, die nicht atmen oder schreien, sofort abgenabelt werden, damit unverzüglich mit effektiven Reanimationsmaßnahmen begonnen werden kann. Ein Ausstreifen der Nabelschnur nach dem Abnabeln könnte möglicherweise bei diesen Kindern eine sinnvolle Alternative sein, allerdings besteht bisher zu wenig Evidenz, um diese Maßnahme routinemäßig empfehlen zu können.^{1,2} Das Ausstreifen der Nabelschnur im Rahmen einer Sectio caesarea führt zu einer verbesserten hämatologischen Situation in der direkten postnatalen Phase, einer höheren Körpertemperatur bei Aufnahme und einer erhöhten Urinproduktion im Vergleich zu einem verzögerten Abnabeln (>30 Sekunden). Bei spontangeborenen Neugeborenen konnte dies allerdings nicht beobachtet werden.²⁶

[h1] Wärmemanagement

Nackte, feuchte Neugeborene sind in einem Raum, der für Erwachsene angenehm warm erscheint, nicht in der Lage, ihre Körpertemperatur zu halten.

Beeinträchtigte Neugeborene sind bezüglich eines Wärmeverlustes besonders empfindlich.²⁷

Kälte bedeutet Stress für ein Neugeborenes und führt zu einer verminderten arteriellen Sauerstoffkonzentration²⁸ sowie einer zunehmenden metabolischen Azidose.²⁹

Der Zusammenhang zwischen Hypothermie und Mortalität ist seit mehr als einem Jahrhundert bekannt.³⁰ Dabei ist die Temperatur bei Aufnahme generell ein bedeutender Prädiktor der Mortalität von nicht asphyktischen Neugeborenen jeder

Schwangerschaftswoche.³¹⁻⁶⁵ Frühgeborene sind durch eine Hypothermie besonders gefährdet. Folgen können schwere Komplikationen wie intraventrikuläre Blutungen^{35,42,55,66-69},

die Notwendigkeit einer Atemunterstützung^{31,35,37,66,70-74} und Hypoglykämien^{31,49,60,74-79} sein.

Einige Studien zeigen ebenfalls eine erhöhte Inzidenz von Late-onset-Septitiden.⁴⁹

Die Temperatur von nicht asphyktischen Neugeborenen soll daher zwischen 36,5 und 37,5 °C gehalten werden. Jedes Grad, um das diese Temperatur bei Aufnahme unterschritten wird, bedeutet eine Zunahme der Mortalität um 28%.^{1,2,49} Die Körpertemperatur bei Aufnahme soll immer dokumentiert werden. Sie ist ein Prädiktor für das Outcome und ein Qualitätsmarker für die Versorgung.

Einem Wärmeverlust soll folgendermaßen vorgebeugt werden:

- Neugeborene sollen vor Zugluft geschützt werden.⁸⁰ Fenster müssen geschlossen und Klimaanlage adäquat eingestellt sein.⁵²
- Das reife Neugeborene wird direkt nach der Geburt sorgfältig abgetrocknet. Um weiteren Wärmeverlust zu vermeiden, werden Kopf und Körper des Neugeborenen, unter Aussparung des Gesichts, mit einem warmen Tuch bedeckt. Alternativ kann das nackte Neugeborene der Mutter auf die Brust gelegt werden, und beide werden mit einem Tuch zugedeckt.
- Der Versorgungsraum soll eine Temperatur zwischen 23 und 25 °C haben.^{1,2,48,80} Für die Versorgung von Frühgeborenen <28 Schwangerschaftswochen soll die Raumtemperatur >25 °C liegen.^{27,48,79,81}
- Sind in der Anpassungsphase unterstützende oder Reanimationsmaßnahmen notwendig, wird das Neugeborene unter einem vorgewärmten Heizstrahler auf einer warmen, ebenen Fläche platziert.
- Frühgeborene unter der 32. Schwangerschaftswoche sollen unter Aussparen des Gesichtes komplett in eine durchsichtige Plastikfolie gehüllt werden. Dabei wird das Kind vorher nicht abgetrocknet und so eingehüllt unter einem Wärmestrahler platziert.^{73,77,82,83}
- Bei Frühgeborenen <32 Schwangerschaftswochen ist eine Kombination aus mehreren Maßnahmen notwendig, um während der Aufnahme und Stabilisierung eine Temperatur von 36,5 bis 37,5 °C zu erreichen und zu erhalten. Diese Maßnahmen können gewärmte und befeuchtete Atemgase sein,^{84,85} eine Erhöhung der Raumtemperatur in Kombination mit einer zusätzlichen Kopfbedeckung und einer Wärmematratze^{70,72,86,87} bzw. die alleinige Verwendung einer Wärmematratze.⁸⁸⁻⁹² Alle diese Maßnahmen sollen eine Hypothermie verhindern.

Für Neugeborene, die außerhalb der üblichen Entbindungsbereiche geboren werden, ist es möglicherweise sinnvoll, diese nach dem Trocknen zunächst in eine Plastikfolie zu hüllen und diese dann mit Stoffwindeln zu umwickeln.^{93,94} Alternativ können gesunde Neugeborene >30 Schwangerschaftswochen nach dem Trocknen zugedeckt der Mutter nackt auf die Brust gelegt werden, um die Temperatur während des Transports zu halten.⁹⁵⁻¹⁰¹ (Anmerkung der Übersetzer: In den deutschsprachigen Ländern ist ein Transport des Kindes auf dem Arm der Mutter aus versicherungsrechtlichen Gründen

nicht üblich.)

Dem Schutz vor Auskühlung kommt eine besondere Bedeutung zu. Allerdings soll auch darauf geachtet werden, eine Hyperthermie (>38 °C) zu vermeiden. Neugeborene feiebernder Mütter haben z.B. eine höhere Wahrscheinlichkeit für ein Atemnotsyndrom, neonatale Krampfanfälle oder Zerebralparenen und eine höhere frühe Mortalität.^{102,103} In tierexperimentellen Studien konnte zudem gezeigt werden, dass eine Hyperthermie während oder nach einer Ischämie zur Vergrößerung eines Hirnschadens führt.^{104,105}

[h1] Initiale Beurteilung

Der APGAR-Score war nie als Hilfsmittel gedacht, um durch die Addition von Zahlenwerten einzelner klinischer Parameter reanimationspflichtige Neugeborene zu identifizieren.^{106,107}

Das rasche, simultane Erfassen einzelner Parameter des APGAR-Scores, wie Atemfrequenz, Herzfrequenz und Muskeltonus, ist jedoch hilfreich, um schnell eine Reanimationspflichtigkeit zu erkennen.

Die wiederholte Erhebung der Herzfrequenz, mehr noch als die Beurteilung der Atmung, ist ein guter Parameter, um zu beurteilen, ob sich der Zustand eines Neugeborenen unter den durchgeführten Maßnahmen bessert oder weitere Maßnahmen notwendig sind. (Virginia Apgar selbst beschrieb die Herzfrequenz als aussagekräftigsten Parameter für die rasche Erholung eines deprimierten Neugeborenen.)¹⁰⁶

[h2] Atmung

Überprüfen Sie, ob das Neugeborene atmet. Wenn es atmet, beurteilen Sie die Atemfrequenz, die Atemtiefe und ob die Atemexkursionen seitengleich sind. Achten Sie auf Zeichen pathologischer Atemmuster, wie eine Schnappatmung oder Stöhnen (Knorksen).

[h2] Herzfrequenz

Die Herzfrequenz ist der beste klinische Parameter, um den Zustand eines Neugeborenen nach der Geburt zu beurteilen, und zeigt zudem am sensitivsten den Erfolg von unterstützenden Maßnahmen an. Die Herzfrequenz kann initial am schnellsten und zuverlässig durch die Auskultation über der Herzspitze mit dem Stethoskop¹⁰⁸ oder durch ein EKG Monitoring beurteilt werden. Das Tasten des Pulses an der Basis der Nabelschnur ist oft möglich, kann aber durchaus irreführend sein. Zuverlässig beurteilbar ist nur eine getastete Herzfrequenz >100/Min.¹⁰⁸ Eine Beurteilung des klinischen Zustands allein kann zu einer Unterschätzung der Herzfrequenz führen.^{108,109,113} Für reanimationspflichtige Neugeborene und/oder Neugeborene, die prolongiert beatmet werden müssen, liefern moderne Pulsoxymeter zuverlässige Herzfrequenzwerte.¹¹¹ Einige Studien zeigen jedoch,

dass ein EKG, gerade in den ersten beiden Minuten nach der Geburt, die korrekte Herzfrequenz schneller und zuverlässiger als eine Pulsoxymetrie anzeigt.¹¹⁰⁻¹¹⁵ Das EKG ersetzt jedoch nicht die Beurteilung der Sauerstoffsättigung des Neugeborenen durch eine Pulsoxymetrie.

[h2] Hautkolorit

Das Hautkolorit ist ein schlechter Parameter zur Beurteilung der Oxygenierung.¹¹⁶ Diese soll, wenn möglich, mittels Pulsoxymetrie erfasst werden. Ein gesundes Neugeborenes ist unmittelbar nach der Geburt zunächst zyanotisch und wird bei effektiver Spontanatmung innerhalb von 30 Sekunden zunehmend rosiger. Eine periphere Zyanose ist häufig und allein für sich kein Zeichen einer Hypoxie. Eine ausgeprägte, persistierende Blässe – trotz effektiver Ventilationen – kann ein Zeichen einer signifikanten Azidose, seltener auch einer Hypovolämie sein. Auch wenn die optische Beurteilung des Hautkolorits eine schlechte Methode zur Erfassung einer Zyanose ist, soll sie nicht unterbewertet werden. Wenn Ihnen ein Neugeborenes zyanotisch erscheint, überprüfen Sie daher unbedingt die präduktale Oxygenierung des Neugeborenen durch Anlegen einer Pulsoxymetrie an der rechten Hand.

[h2] Muskeltonus

Ein deutlich hypotones Neugeborenes ist zumeist auch bewusstlos und benötigt respiratorische Unterstützung.

[h2] Taktile Stimulation

Das Abtrocknen des Neugeborenen ist gewöhnlich eine ausreichende Stimulation um eine effektive Spontanatmung anzuregen. Eine übertrieben kräftige Stimulation soll vermieden werden. Entwickelt das Baby unter kurzer taktiler Stimulation keine effektive Spontanatmung, sind weitere unterstützende Maßnahmen notwendig.

[h2] Einteilung nach der initialen klinischen Beurteilung

Anhand der initialen klinischen Beurteilung lassen sich Neugeborene in drei Gruppen einteilen:

- 1. Suffiziente Atmung/Schreien**
Guter Muskeltonus
Herzfrequenz >100/Min.

Diese Neugeborenen müssen nicht sofort abgenabelt werden. Sie benötigen außer Abtrocknen und Einwickeln in warme Tücher keine weiteren Maßnahmen. Das Neugeborene

kann der Mutter übergeben werden. Durch den Hautkontakt mit ihr wird das Baby gewärmt, und beide werden zusätzlich mit einer Decke zugedeckt. Das Neugeborene kann zu diesem Zeitpunkt auch bereits erstmals an die Brust angelegt werden. Während dieser Phase muss allerdings unbedingt darauf geachtet werden, dass das Kind nicht auskühlt.

2. Insuffiziente Spontanatmung oder Apnoe

Normaler bis reduzierter Muskeltonus

Herzfrequenz <100/Min.

Diese Neugeborenen werden abgetrocknet und in warme Tücher gewickelt. Meist ist eine kurze Maskenbeatmung ausreichend. Einige Neugeborene benötigen jedoch auch eine längere Maskenbeatmung.

3. Insuffiziente Spontanatmung oder Apnoe

Schlaffer Muskeltonus (floppy)

Bradykardie oder nicht nachweisbare Herzfrequenz

Oft ausgeprägte Blässe als Zeichen einer schlechten Perfusion

Diese Neugeborenen werden abgetrocknet und in warme Tücher gewickelt. Sie müssen nach dem Öffnen der Atemwege unverzüglich beatmet werden. Möglicherweise benötigen diese Kinder im weiteren Verlauf auch Thoraxkompressionen, eventuell kann eine Medikamentengabe notwendig sein.

Eine sehr kleine Gruppe von Neugeborenen bleibt trotz adäquater Spontanatmung und guter Herzfrequenz hypoxämisch. Die Diagnosen sind hier vielfältig, infrage kommt z.B. ein kongenitales Vitium Cordis, eine konnatale Pneumonie, ein Pneumothorax, eine Zwerchfellhernie oder ein Surfactantmangel.

Frühgeborene atmen zumeist spontan, zeigen aber häufig gleichzeitig Anzeichen einer Atemnot. Ist dies der Fall, sollen sie zunächst eine Atemunterstützung mittels CPAP („continuous positive airway pressure“) erhalten.

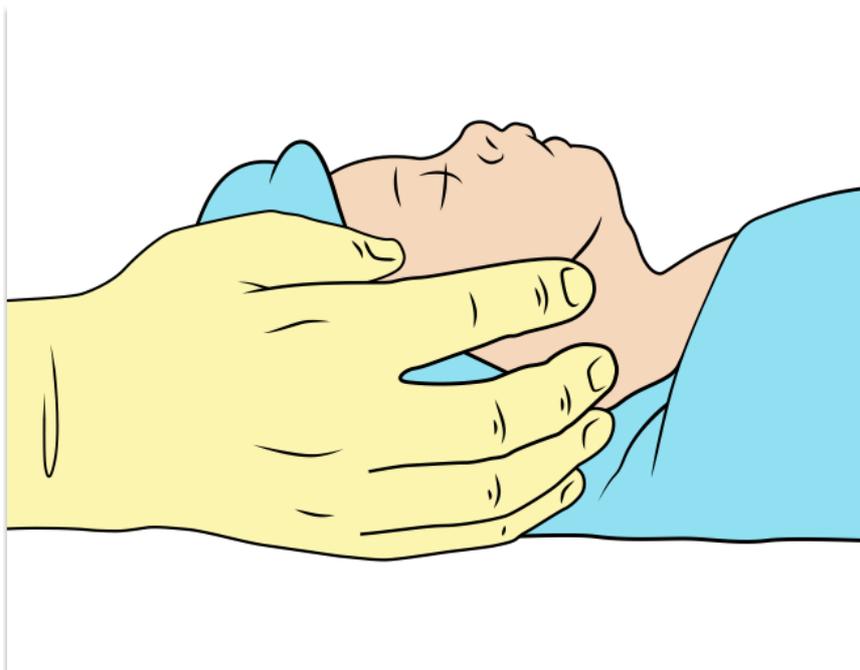
[h1] Die Reanimation des Neugeborenen – Newborn Life Support

Mit Reanimationsmaßnahmen muss begonnen werden, wenn Sie bei der initialen Beurteilung feststellen, dass das Neugeborene keine suffiziente und regelmäßige Spontanatmung entwickelt hat oder die Herzfrequenz unter 100/Min. liegt.

Meist ist dann nach dem Öffnen der Atemwege lediglich eine kurze Maskenbeatmung notwendig, um die Lungen mit Luft zu füllen. Das Kind erholt sich darunter sofort. Bedenken Sie allerdings, dass alle weiteren Maßnahmen erfolglos bleiben werden, wenn diese ersten beiden Schritte, das Öffnen der Atemwege und die Belüftung der Lunge, nicht erfolgreich durchgeführt wurden.

[h2] Atemwege

Lagern Sie das Neugeborene in Rückenlage mit dem Kopf in Neutralposition (Abb. 7.2). Zur optimalen Lagerung und Stabilisierung des Kopfes in Neutralposition kann die Platzierung eines zwei Zentimeter dicken Lakens oder Handtuchs unter den Schultern des Neugeborenen hilfreich sein.



Um die Atemwege eines hypotonen Neugeborenen zu öffnen, kann ein Esmarch-Handgriff oder die Verwendung eines oropharyngealen Tubus (Guedel-Tubus) in passender Größe sehr sinnvoll sein. Neugeborene, die beatmet werden, sollen in Rückenlage versorgt werden. Für die initiale Beurteilung und Routineversorgung im Kreißsaal können reife Neugeborene auch in Seitenlage positioniert werden.¹¹⁷

Das routinemäßige oropharyngeale Absaugen des Neugeborenen ist nicht in allen Fällen notwendig. Neugeborene müssen nur abgesaugt werden, wenn die Atemwege verlegt sind. Eine solche Verlegung kann aufgrund von Mekonium (selbst wenn das Neugeborene keine Mekoniumablagerungen auf der Haut zeigt), Blutkoageln, zähem Schleim oder Vernix bestehen. Wird ein Neugeborenes abgesaugt, ist zu bedenken, dass zu heftiges

oropharyngeales Absaugen das Einsetzen einer suffizienten Spontanatmung verzögern und zu einem Laryngospasmus sowie zu einer vagusinduzierten Bradykardie führen kann.¹¹⁹⁻¹²¹

[h3] Mekonium

Mehr als 30 Jahre lang bestand die Hoffnung, dass ein Absaugen von Mekonium aus den Atemwegen das Auftreten und den Schweregrad eines Mekoniumaspirationssyndroms (MAS) positiv beeinflussen könnte. Studien, die zu dieser Ansicht beitrugen, verglichen das Outcome von Neugeborenen, die abgesaugt wurden, mit historischen Kontrollgruppen.^{122,123} Andere Studien konnten keinerlei Vorteile dieses Vorgehens nachweisen.

Leicht grünliches Fruchtwasser ist häufig und muss das versorgende Team im Allgemeinen nicht beunruhigen, da dies zumeist keine Auswirkungen auf die respiratorische Adaptationsphase nach der Geburt hat. Viel seltener findet sich zähes, grünes Fruchtwasser. Dies ist allerdings ein Hinweis für intrauterinen Stress des Neugeborenen und muss das Team immer in Alarmbereitschaft versetzen, da möglicherweise Reanimationsmaßnahmen notwendig werden. Zwei randomisierte Multicenterstudien haben gezeigt, dass die routinemäßige Intubation, verbunden mit einem trachealen Absaugen des vitalen Neugeborenen, die Inzidenz eines MAS nicht reduzieren konnte¹²⁶ und dass ein peripartales Absaugen nach Geburt des Kopfes und vor Geburt der Schultern ebenfalls zu keiner Verbesserung des Outcomes führt.¹²⁷ Daher wird bei mekoniumhaltigem Fruchtwasser weder das intrapartale Absaugen noch ein tracheales Einstellen und Absaugen eines vitalen Kindes empfohlen. Eine neue kleine RCT-Studie konnte beim nicht vitalen Neugeborenen keinen Unterschied in der Inzidenz eines MAS zwischen Kindern, die intubiert und tracheal abgesaugt wurden, und solchen, die nicht intubiert und abgesaugt wurden, nachweisen.¹²⁸

Handelt es sich um dickes, zähes Mekonium bei einem nicht vitalen Neugeborenen und wird eine Verlegung der Atemwege durch Mekonium vermutet, kann in diesem seltenen Fall eine Inspektion des Oropharynx und ein Absaugen unter Sicht *in Erwägung gezogen werden*. Eine routinemäßige tracheale Intubation wird bei mekoniumhaltigem Fruchtwasser und nicht vitalem Neugeborenen nicht mehr generell empfohlen und soll nur bei Verdacht auf eine wirkliche Obstruktion der Trachea mit Mekonium durchgeführt werden.¹²⁸⁻¹³² Entscheidend ist in diesen Situationen, bei einem nicht oder insuffizient atmenden Neugeborenen eine Beatmung nicht unnötig zu verzögern, sondern mit dieser bereits innerhalb der ersten Lebensminute zu beginnen. Für das Absaugen eignet sich ein 12–14 Ch Absaugkatheter oder ein pädiatrischer Jankauer. Der Sog beim Absaugen soll -150 mmHg nicht unterschreiten.¹³³ Eine routinemäßige Surfactantgabe oder eine Lavage mit Kochsalz oder Surfactant wird derzeit nicht empfohlen.^{134,135}

[H2] Initiale Beatmungshübe und assistierte Beatmung

Nachdem das Neugeborene abgetrocknet, in Tücher gewickelt und die Atemwege geöffnet wurden, hat bei fehlender oder insuffizienter Spontanatmung die Belüftung der Lungen Priorität und darf nicht verzögert werden (Abb. 7.3). Bei reifen Neugeborenen soll die Beatmung mit Raumluft begonnen werden.¹³⁶ Das wichtigste Kriterium zur Beurteilung einer adäquaten Lungenentfaltung und -belüftung ist dabei der rasche Anstieg der Herzfrequenz. Kommt es zu keinem solchen Anstieg, muss überprüft werden, ob sich der Thorax adäquat hebt und senkt. Bei reifen Neugeborenen führen in der Regel spontane oder assistierte erste Atemzüge rasch zu einer funktionalen Residualkapazität (FRC).¹³⁷⁻¹⁴¹ Welcher Beatmungsdruck, welche Inspirationszeit und welcher Flow zur Herstellung einer effektiven FRC optimal ist, ist bisher nicht festgelegt worden.



Für die ersten fünf Beatmungen soll der Inspirationsdruck über 2 bis 3 Sekunden pro Beatmung konstant gehalten werden. Dies erleichtert im Allgemeinen die Entfaltung der Lunge.^{137,142} Der notwendige Druck zur Entfaltung der mit Flüssigkeit gefüllten Lunge liegt bei Neugeborenen, die Reanimationsmaßnahmen benötigen, zwischen 15 und 30 cm H₂O (1,5–2,9 kPa), durchschnittlich etwa bei 20 cm H₂O.^{137,141,142} Für reife Neugeborene soll daher ein Spitzendruck von 30 cm H₂O und für Frühgeborene von 20–25 cm H₂O verwendet werden.^{143,144}

Die Effektivität dieser ersten Beatmungen zeigt sich am besten an einem prompten Anstieg der Herzfrequenz oder an effektiven Thoraxhebungen. Kommt es nicht zum Anstieg der Herzfrequenz bzw. zu Thoraxhebungen, ist es möglicherweise notwendig, die Kopf- oder Maskenposition zu optimieren, nur selten ist ein höherer Beatmungsdruck notwendig. Die meisten Neugeborenen, die nach der Geburt beatmet werden müssen, zeigen unter Ventilation der Lungen einen raschen Anstieg der Herzfrequenz, meist innerhalb von 30 Sekunden. Steigt die Herzfrequenz an, aber das Neugeborene zeigt keine ausreichende Spontanatmung, wird mit 30 Beatmungen pro Minute weiterbeatmet, bis eine suffiziente Spontanatmung einsetzt. Die Inspirationszeit soll nun für die einzelnen Beatmungshübe bei einer Sekunde liegen.

Eine suffiziente Beatmung zeigt sich in der Regel an einem sofortigen Anstieg der Herzfrequenz bzw. daran, dass sich die Herzfrequenz unter der Beatmung stabil über 100/Min hält. Reagiert das Neugeborene nicht entsprechend, liegt die Ursache in den meisten Fällen in einer ungenügenden Öffnung der Atemwege oder einer ineffektiven Beatmung. Achten Sie bei der Beatmung auf Thoraxbewegungen, die eine adäquate Entfaltung der Lungen anzeigen. Hebt sich der Thorax nicht, wurde die Lunge nicht geöffnet. Dies kann an einer Leckage der Beatmungsmaske, einer nicht korrekten Kopfposition oder an einer Obstruktion der Atemwege liegen.¹⁴⁵⁻¹⁴⁹ Positionieren Sie in diesem Fall die Maske neu, um eine Leckage auszuschließen und/oder repositionieren Sie den Kopf des Kindes.¹⁴⁵ Alternativ kann mit Hilfe einer zweiten Person ein Zwei-Hände-Esmarch-Handgriff für die Maskenbeatmung bei reifen Neugeborenen und Frühgeborenen versucht werden, um die Leckage der Maske zu reduzieren.^{146,147} Ohne suffiziente Belüftung der Lungen werden Thoraxkompressionen nicht wirksam sein. Bevor mit diesen begonnen wird, muss daher unbedingt die effektive Ventilation der Lungen sichergestellt sein.

Eine Möglichkeit der Sicherung der Atemwege ist die endotracheale Intubation. Diese benötigt jedoch Übung und Erfahrung. Ist niemand anwesend, der eine Intubation bei einem Neugeborenen durchführen kann, und kommt es zu keiner Stabilisierung der Herzfrequenz, muss erneut die Kopfposition überprüft und nochmals Beatmungen mit verlängerter Inspirationszeit durchgeführt werden. Währenddessen soll ein Helfer mit ausreichender Intubationserfahrung zur Hilfe gerufen werden. Fahren Sie mit der Beatmung fort, bis das Neugeborene eine suffiziente, regelmäßige Spontanatmung zeigt.

[H3] Verlängerte Inspirationen (SI = Sustained Inflations) >5 Sekunden

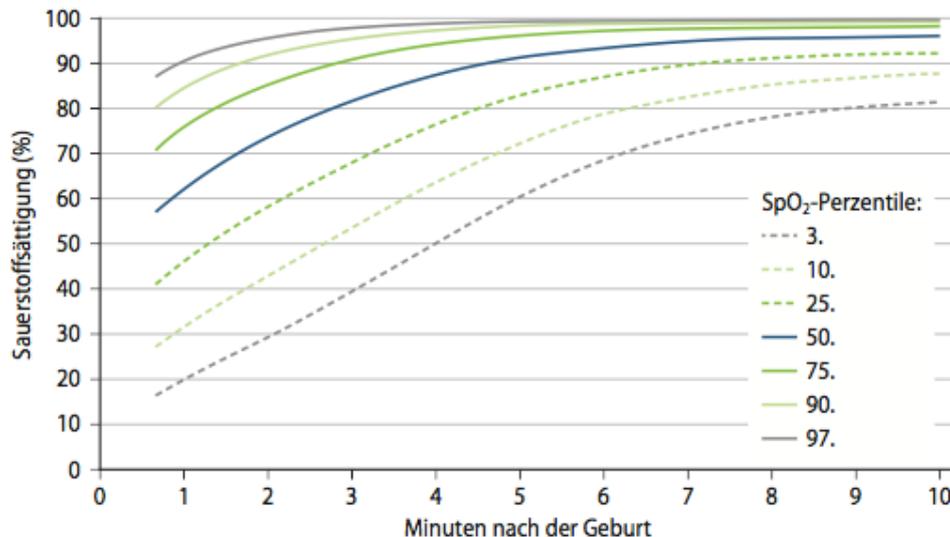
Einige tierexperimentelle Studien haben einen positiven Effekt auf die Bildung der funktionalen Residualkapazität gezeigt, wenn die Inspirationszeit während der initialen

Beatmungen auf mehr als 2–3 Sekunden verlängert wurde.^{150,151} Bei Durchsicht aller Studien bis 2015 finden sich drei RCT-Studien¹⁵²⁻¹⁵⁴ und zwei Kohortenstudien,^{144,155} die zeigen konnten, dass bei deutlich verlängerten Inspirationszeiten seltener eine mechanische Beatmung notwendig war.. Allerdings führte dies weder zu einer reduzierten Mortalität noch zur Verringerung einer bronchopulmonalen Dysplasie oder der Pneumothoraxwahrscheinlichkeit. Eine Kohortenstudie konnte zeigen, dass nach verlängerten Inspirationen seltener intubiert werden musste.¹⁴⁴ Bisher fehlen allerdings Daten über die generelle Sicherheit, Details über die optimale Länge der verlängerten Inspirationen, den optimalen Beatmungsdruck und die Langzeiteffekte von verlängerten Inspirationen. Daher waren die COSTR-Mitglieder der Meinung, dass eine generelle Empfehlung für verlängerte Inspirationen (>5 Sekunden) in der Phase direkt nach der Geburt zum jetzigen Zeitpunkt nicht ausgesprochen werden kann.^{1,2} Verlängerte Inspirationen (>5 Sekunden) sollen derzeit nur als Einzelfallentscheidung oder im Rahmen von Studien erwogen werden.

[H3] Raumluf/Sauerstoff

[H4] Reife Neugeborene

Eine Beatmung von reifen Neugeborenen soll immer mit einer Sauerstoffkonzentration von 21% und nicht mit 100% begonnen werden. Kommt es trotz effektiver Beatmung zu keinem Anstieg der Herzfrequenz oder einer zufriedenstellenden Sauerstoffsättigung (idealerweise gemessen über eine Pulsoxymetrie), soll eine Erhöhung der Sauerstoffkonzentration in Erwägung gezogen werden, um eine adäquate präduktale Sättigung (Anmerkung der Übersetzer: gemessen an der rechten Hand) zu erreichen.^{156,157} Hohe Sauerstoffkonzentrationen sind mit einer erhöhten Mortalität und dem verzögerten Einsetzen der Spontanatmung verbunden.¹⁵⁸ Wird Sauerstoff in höherer Konzentration verwendet, soll diese daher so schnell wie möglich wieder reduziert werden.^{136,159}



[H4] Frühgeborene

Für Frühgeborene vor der 35. Schwangerschaftswoche soll initial Raumluft oder eine niedrige Sauerstoffkonzentration (21–30%) verwendet werden.^{1,2,136,160} Sauerstoff soll so titriert werden, dass akzeptable prädunktale Sauerstoffkonzentrationen erreicht werden etwa der 25. Perzentile gesunder reifer Neugeborener direkt nach der Geburt. entsprechend^{156,157}

Eine Metaanalyse von sieben randomisierten Studien, die den Start von Reanimationsmaßnahmen mit einer hohen Sauerstoffkonzentration (>65%) und einer geringen Sauerstoffkonzentration (21–30%) verglichen hat, konnte keine Verbesserung in Bezug auf Überlebensrate^{159,161-166}, bronchopulmonale Dysplasie^{159,162,164-166}, intraventrikuläre Blutungen (IVH)^{159,162,165,166} oder Frühgeborenenretinopathie (ROP)^{159,162,166} bei der Verwendung von höher konzentriertem Sauerstoff zeigen. Allerdings zeigten sich erhöhte Marker eines oxidativen Stresses.¹⁵⁹

[H4] Pulsoxymetrie

Eine moderne Pulsoxymetrie, mit neonatologischen Sensoren, erlaubt eine zuverlässige Anzeige der Herzfrequenz und der peripheren Sättigung innerhalb von ein bis zwei Minuten nach der Geburt.^{167,168} Zuverlässige prädunktale Sättigungswerte lassen sich bei über 90% der gesunden Neugeborenen, etwa 80% der Frühgeborenen und 80–90% der Neugeborenen, die Reanimationsmaßnahmen benötigten, innerhalb von zwei Minuten nach der Geburt ableiten.¹⁶⁷ Unbeeinträchtigte, reife Neugeborene haben unter der Geburt eine arterielle Sauerstoffsättigung (SpO₂) von etwa 60% (gemessen auf Normalhöhennull).¹⁶⁹ Diese steigt innerhalb von zehn Minuten auf Werte über 90% an.¹⁵⁶ Die 25. Perzentile der postnatalen SpO₂-Werte liegt bei etwa 40% bei Geburt und steigt in der zehnten Lebensminute auf etwa 80%.¹⁵⁷ Neugeborene, die durch Kaiserschnitt entbunden¹⁷⁰, in

größerer Höhe geboren¹⁷¹ oder spät abgenabelt werden, zeigen noch niedrigere Werte.¹⁷² Frühgeborene benötigen teilweise mehr Zeit, um SpO₂-Werte über 90% zu erreichen.¹⁵⁷

Die Pulsoxymetrie soll in der Neugeborenenversorgung eingesetzt werden, um exzessive Sauerstoffgaben zu vermeiden und die Sauerstofftherapie sinnvoll steuern zu können. Periphere Sättigungen über den angestrebten Werten sollen daher prompt zur Reduktion der Sauerstoffkonzentration führen.

[H3] Positiver endexpiratorischer Druck (PEEP)

Neugeborene und Frühgeborene, die trotz initialer Beatmungen zum Öffnen der Lunge keine Spontanatmung entwickeln, müssen weiter beatmet werden. Frühgeborene sollen dann mit einem positiven endexpiratorischen Druck (PEEP) von etwa 5 cm H₂O beatmet werden.¹⁷³

Tierexperimentelle Studien zeigen, dass hohe Tidalvolumen schon bei den ersten Beatmungen nach der Geburt zu einer Schädigung der frühgeborenen Lunge führen können.¹⁷⁴ Die Applikation eines PEEP direkt nach der Geburt scheint dagegen vor Lungenschädigung zu schützen.^{175,176} Andere Studien bestätigten diesen positiven Effekt hingegen nicht.¹⁷⁷ Eine PEEP-Applikation erleichtert allerdings das Öffnen der Lunge, verbessert die Lungencompliance und den Gasaustausch.¹⁷⁸⁻¹⁸⁰ Zwei RCT-Studien mit Neugeborenen konnten keine Verbesserung der Mortalität, keine geringere Wahrscheinlichkeit einer Reanimation und keine seltenere Inzidenz einer bronchopulmonalen Dysplasie zeigen, wobei diese Studien nicht genug statistische Aussagekraft bezüglich dieser Outcome-Parameter hatten.^{181,182} Allerdings schien bei einer dieser Studien der zusätzlich notwendige Sauerstoffbedarf unter PEEP-Gabe geringer zu sein.¹⁸²

[H2] Hilfsmittel zur assistierten Beatmung

Effektive Beatmungen lassen sich mit einem Beutel, dessen Füllung abhängig vom Gasfluss ist (Anästhesiebeutel – *Anmerkung der Übersetzer*), mit einem sich selbst füllenden Beatmungsbeutel oder mit einem T-Stück-System, das eine Regulierung des applizierten Spitzendrucks erlaubt, erreichen.¹⁸¹⁻¹⁸⁵ Selbstfüllende Beatmungsbeutel besitzen Überdruckventile, die sich abhängig vom Gasfluß öffnen. Unter brusker Beatmung kann der applizierte Beatmungsdruck allerdings durchaus den vom Hersteller angegebenen Spitzendruck übersteigen.^{186,187} Die Verwendung eines Systems mit T-Stück erlaubt im Gegensatz zu herkömmlichen Beatmungsbeuteln eine bessere Kontrolle des applizierten Spitzendrucks und des Tidalvolumens, außerdem erleichtert es die Beatmung mit verlängerten Inspirationszeiten.¹⁸⁷⁻¹⁹⁰ Allerdings ist die klinische Bedeutung dieser Beobachtungen noch nicht eindeutig klar. Es erfordert mehr Übung, einen ausreichenden

Beatmungsdruck mithilfe eines anästhesiologischen Beutels (dessen Füllung abhängig vom Gasfluss ist) zu erreichen als mit einem selbstfüllenden Beatmungsbeutel.¹⁹¹ Sowohl Anästhesie-Beutel als auch selbstfüllende Beatmungsbeutel sowie mechanische T-Stück-Modelle sind so konstruiert, dass sich ein bestimmter Beatmungsdruck applizieren und begrenzen lässt. Sie sind daher prinzipiell alle zur Beatmung von Neugeborenen geeignet. Allerdings können nur selbstfüllende Beatmungsbeutel auch ohne Gasfluss verwendet werden. Diese sind jedoch nicht für eine Atemunterstützung mittels CPAP und kaum für eine Beatmung mit PEEP geeignet, selbst wenn sie ein sogenanntes „PEEP-Ventil“ besitzen.

189,192-195

Mithilfe von Atemfunktionsmonitoren lassen sich Beatmungsdruck und Tidalvolumen messen und anzeigen^{189,192-195}, mit einer CO₂-Messung kann man ausgeatmetes CO₂ bestimmen.^{197,198} Diese Monitore wurden bei der Versorgung von Neugeborenen bereits verwendet, um Beatmungen zu beurteilen, allerdings gibt es bisher keine Daten darüber, ob deren Verwendung zu einer Outcome-Verbesserung führt. Bisher ist ebenso unklar, ob die Verwendung solcher Monitore einen Vorteil gegenüber der alleinigen klinischen Beurteilung von Beatmungen bedeutet oder ob die Verwendung möglicherweise mit Risiken verbunden ist. Studien, die eine Messung des expiratorischen CO₂ im Zusammenhang mit anderen Hilfsmitteln zur Beatmung (z.B. Wendl Tuben, Larynxmasken) untersucht haben, gibt es bisher ebenfalls nicht.

[H3] Beatmungsmaske im Vergleich zu nasalen Prongs

Bei der Verwendung einer Beatmungsmaske bei Neugeborenen kann das Abdichten mitunter zu Problemen führen.¹⁴⁵⁻¹⁴⁸ Um dies zu vermeiden, werden in einigen Institutionen naso-pharyngeale Prongs bzw. ein nasopharyngealer Tubus für die Beatmung verwendet. Zwei randomisierte Studien bei Frühgeborenen konnten allerdings keinen Unterschied beider Methoden bezüglich der Effektivität der Beatmung nachweisen.^{199,200}

[H3] Larynxmasken (LMA)

Eine Larynxmaske kann für die Beatmung eines Neugeborenen verwendet werden, vor allem wenn eine Maskenbeatmung oder auch eine Intubation nicht gelingt oder nicht möglich ist. Sie kann bei Neugeborenen >2000 Gramm bzw. ≥34 Schwangerschaftswochen als Alternative zu einer Maskenbeatmung in Erwägung gezogen werden.²⁰¹ In einer kürzlich publizierten ungeblindeten RCT-Studie führte das Training mit einem Modell einer Larynxmaske dazu, dass weniger Intubationen nötig waren und eine geringere Zahl von Neugeborenen auf die Intensivstation aufgenommen werden mussten im Vergleich zu

Neugeborenen, die maskenbeatmet wurden.²⁰¹ Allerdings gibt es bisher nur wenig Evidenz für eine Verwendung in der Gruppe der Neugeborenen <2000 Gramm bzw. <34 Schwangerschaftswochen. Eine Larynxmaske kann auch als Alternative für eine Intubation bei Neugeborenen >2000 Gramm bzw. ≥34 Schwangerschaftswochen in Erwägung gezogen werden.²⁰¹⁻²⁰⁶ Sie wird für die Beatmung von Früh- und Neugeborenen ≥34 Schwangerschaftswochen empfohlen, wenn eine Intubation nicht gelingt oder nicht möglich ist. Allerdings wurde die Verwendung einer Larynxmaske noch nicht im Rahmen von Geburten mit mekoniumhaltigem Fruchtwasser, während der Durchführung von Thoraxkompressionen oder für die notfallmäßige intratracheale Gabe von Medikamenten untersucht.

[H3] Endotracheale Intubation

Eine endo tracheale Intubation kann zu unterschiedlichen Zeitpunkten während einer Neugeborenenreanimation in Erwägung gezogen werden:

- wenn ein Absaugen der unteren Atemwege bei Verdacht auf eine tracheale Verlegung notwendig ist,
- wenn sich das Neugeborene trotz Repositionierung des Kopfes und/oder der Maske weiter nicht maskenbeatmen lässt oder eine längere Beatmungsdauer abzusehen ist,
- wenn Thoraxkompressionen durchgeführt werden,
- in speziellen Situationen (wie z.B. bei einer kongenitalen Zwerchfellhernie oder für eine tracheale Surfactantgabe).

Die Intubation und der ideale Zeitpunkt dazu wird von den Fähigkeiten und der Erfahrung des versorgenden Teams abhängig sein. Die entsprechende Tubustiefe in Abhängigkeit von der Gestationswoche (Anmerkung der Übersetzer: bei oraler Intubation) findet sich in Tabelle 1.²⁰⁷ An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass die Stimmbandmarkierungen, die die korrekte Intubationshilfe erleichtern sollen, von Hersteller zu Hersteller beträchtlich variieren.²⁰⁸

Tab. 1**Tubustiefe bei oraler Intubation im Verhältnis zur Gestationswoche**

Gestationswoche	Tubustiefe ab Unterlippe (in cm)
23–24	5,5
25–26	6,0
27–29	6,5
30–32	7,0
33–34	7,5
35–37	8,0
38–40	8,5
41–43	9,0

Die endotracheale Tubuslage und die Intubationstiefe müssen bei der Intubation unter direkter Sicht überprüft werden. Ein prompter Anstieg der Herzfrequenz nach der Intubation unter Beatmung ist ein gutes Zeichen für die endotracheale Tubuslage.²⁰⁹ Der Nachweis von CO₂ in der Ausatemluft ist ebenfalls eine effektive Methode zum Nachweis der endotrachealen Tubuslage bei Neugeborenen, selbst bei sehr kleinen Frühgeborenen (VLBW, very low birth weight infants).²¹⁰⁻²¹³ Mehrere Neonatalstudien zeigen, dass der Nachweis von ausgeatmetem CO₂ unter Spontankreislauf schneller und zuverlässiger eine tracheale Tubuslage anzeigt, als dies durch eine klinische Beurteilung allein möglich ist.²¹²⁻²¹⁴ Lässt sich kein CO₂ nachweisen, macht dies eine ösophageale Tubuslage sehr wahrscheinlich.^{210,212} Allerdings wurden im Herz-Kreislauf-Stillstand²¹⁰ und bei sehr kleinen Frühgeborenen (VLBW) falsch negative Ergebnisse trotz beschriebener Effektivität der Methode berichtet.²¹⁵ Neugeborene, die intensive Reanimationsmaßnahmen benötigten, wurden aus den Studien ausgeschlossen. Falsch positive Ergebnisse sind bei kolorimetrischen CO₂-Detektoren möglich, wenn diese mit Adrenalin, Surfactant oder Atropin in Kontakt kommen.¹⁹⁸

Eine zu geringe oder fehlende pulmonale Perfusion oder eine Obstruktion der Trachea kann, trotz korrekter endotrachealer Tubuslage, einen Nachweis von ausgeatmetem CO₂ verhindern. Bei fast allen Patienten, die sich nicht im Kreislaufstillstand befinden, kann eine endotracheale Tubuslage durch den Nachweis von expiratorischem CO₂ korrekt nachgewiesen werden.²¹¹ Bei einem kritisch kranken Neugeborenen mit reduziertem Herzminutenvolumen kann der fehlende CO₂-Nachweis unter Umständen allerdings zu einer unnötigen Extubation führen. Weitere klinische Zeichen einer korrekten Tubuslage sind das Beschlagen des Tubusinneren während der Expiration und das Heben und Senken des Brustkorbs während der Beatmung, allerdings wurde dies bisher nicht systematisch bei Neugeborenen untersucht.

Der Nachweis von CO₂ in der Ausatemluft in Ergänzung zur klinischen Beurteilung wird als zuverlässigste Methode empfohlen, um bei Neugeborenen mit Spontankreislauf die tracheale Tubuslage nachzuweisen.^{3,4}

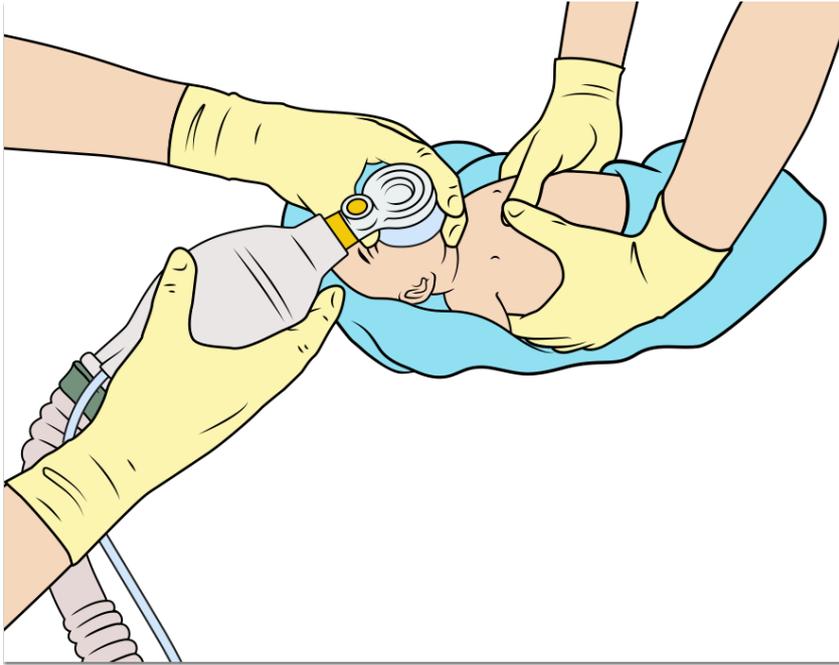
[H3] Kontinuierlicher positiver Atemwegsdruck (CPAP)

Spontan atmende Frühgeborene, die Atemnot zeigen, sollen eher eine Atemunterstützung mittels CPAP erhalten, als intubiert zu werden. Drei RCT-Studien mit insgesamt 2358 Frühgeborenen <30 Schwangerschaftswochen haben gezeigt, dass CPAP gegenüber initialer Intubation mit folgender Beatmung vorteilhaft ist um Intubationshäufigkeit und Beatmungsdauer zu reduzieren.. Im Kurzzeit-Outcome zeigten sich zudem keine Nachteile.²¹⁶⁻²¹⁸ Bisher gibt es nur wenige Daten für die Verwendung von CPAP bei reifen Neugeborenen nach der Geburt, und es werden weitere Studien benötigt.^{219,220}

[H2] Kreislaufunterstützung

Eine Unterstützung des Kreislaufs durch Thoraxkompressionen kann nur wirksam sein, wenn die Lunge zuvor erfolgreich belüftet wurde. Beginnen Sie mit Thoraxkompressionen, wenn die Herzfrequenz trotz effektiver Beatmung unter 60/Min. liegt. Effektive Beatmungen sind die wichtigste und häufig einzig notwendige Maßnahme für die erfolgreiche Reanimation eines Neugeborenen. Da eine Beatmung allerdings durch Thoraxkompressionen behindert werden kann, ist es entscheidend, zunächst sicherzustellen, dass sie effektiv ist, bevor Thoraxkompressionen durchgeführt werden.

Die effektivste Technik für Thoraxkompressionen beim Neugeborenen ist die 2-Daumen-Technik. Platzieren Sie hierfür zwei Daumen nebeneinander über dem unteren Drittel des Brustbeins. Umgreifen Sie mit den Fingern den gesamten Brustkorb und unterstützen Sie so den Rücken des Kindes (Abb. 7.4).²²¹⁻²²⁴ Mit der 2-Daumen-Technik können ein höherer systemischer Blutdruck und ein höherer koronarer Perfusionsdruck als mit der in den Leitlinien 2010 ebenfalls noch empfohlenen 2-Finger-Technik erreicht werden. Außerdem ist diese Technik weniger ermüdend.²²²⁻²³⁴ In einer Simulationsstudie mit Reanimationspuppen führte das Platzieren der Daumen übereinander zu effektiveren Thoraxkompressionen als das Platzieren der Daumen nebeneinander, allerdings führte es zu schnellerer Ermüdung.²³⁵ Das Brustbein soll um ein Drittel des antero-posterioren Thoraxdurchmessers komprimiert werden und muss nach jeder Kompression wieder in seine Ausgangsposition zurückkehren.^{225,236-240}



Führen Sie Thoraxkompressionen und Beatmungen in einem Verhältnis von 3:1 durch. Bei einer Kompressionsfrequenz von etwa 120/Min. können etwa 90 Kompressionen und 30 Beatmungen pro Minute erreicht werden.²⁴¹⁻²⁴⁶ Eine gegenüber der Kompressionsphase gering verlängerte Relaxationsphase bietet theoretische Vorteile.²⁴⁷ Letztlich ist die Qualität der Druckmassagen und der Beatmungen allerdings wahrscheinlich entscheidender als deren Frequenz. In jedem Fall sollen Thoraxkompressionen und Beatmungen koordiniert durchgeführt werden, um zu vermeiden, dass sie zusammentreffen.²⁴⁸ Da in den meisten Fällen ein behinderter pulmonaler Gasaustausch die eigentliche Ursache für eine Kreislaufinsuffizienz beim Neugeborenen ist, wird für die Reanimation direkt nach der Geburt weiter ein Kompressions-Ventilations-Verhältnis von 3:1 empfohlen. Besteht der Verdacht auf eine kardiale Ursache für die Reanimationspflichtigkeit, kann das versorgende Team zugunsten der Thoraxkompressionen auch z.B. ein Verhältnis von 15 Thoraxkompressionen zu 2 Beatmungen erwägen.

Werden für die Reanimation eines Neugeborenen Thoraxkompressionen notwendig, wurden bis dahin wahrscheinlich mit einer niedrigen Sauerstoffkonzentration beatmet. Es erscheint dann im Verlauf durchaus plausibel zu sein, die Sauerstoffkonzentration auf 100% zu erhöhen. Allerdings gibt es keine Studien am Menschen, die dieses Vorgehen unterstützen. Tierexperimentelle Studien hingegen zeigen keinen Vorteil von Beatmungen mit 100% Sauerstoff während einer Reanimation.²⁴⁹⁻²⁵⁵

Überprüfen Sie nach 30 Sekunden Thoraxkompressionen und Ventilationen und im weiteren Verlauf regelmäßig die Herzfrequenz. Beenden Sie die Thoraxkompressionen erst, wenn die

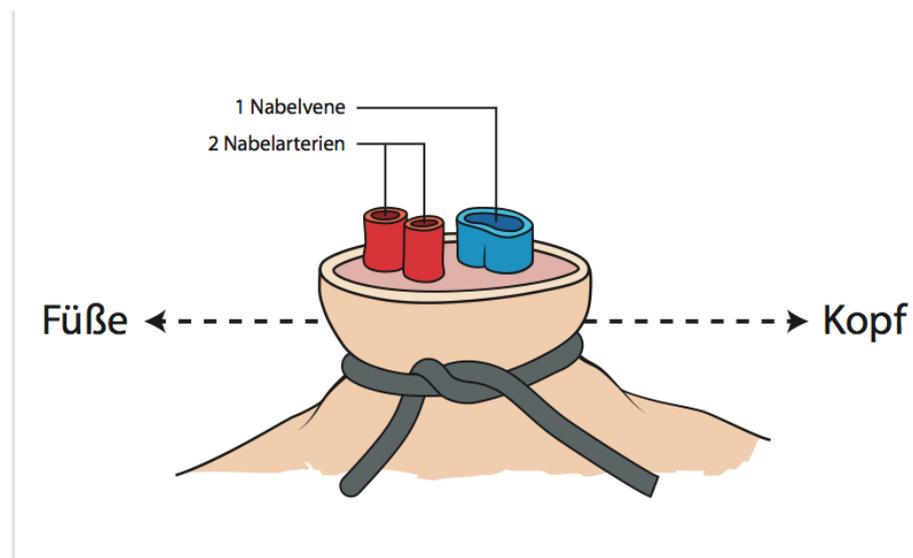
Herzfrequenz über 60/Min. liegt. Die Messung von CO₂ in der Ausatemluft und die der peripheren Sättigung mittels Pulsoxymetrie haben sich in Studien als sinnvoll erwiesen, um eine Wiederherstellung eines Spontankreislaufs festzustellen, allerdings gibt es derzeit keine ausreichende Evidenz, um eine bestimmte Monitoring-Methode für den klinischen Gebrauch zu empfehlen.^{1,2}

[h3] Medikamente

Die Gabe von Medikamenten ist bei der Reanimation eines Neugeborenen nur sehr selten erforderlich. Eine Bradykardie wird beim Neugeborenen in den meisten Fällen entweder durch eine inadäquate Ventilation oder eine schwere Hypoxie verursacht. Die wichtigste Maßnahme zur Behebung der Bradykardie ist daher eine effektive Beatmung. Bleibt die Herzfrequenz trotz suffizienter Beatmungen und schließlich Thoraxkompressionen und Beatmungen im Wechsel unter 60/Min., soll die Gabe von Medikamenten erwogen werden. Diese sollen idealerweise über einen Nabelvenenkatheter gegeben werden (Abb. 7.6).

[h3] Adrenalin

Auch wenn die Datenlage aus Studien am Menschen nicht eindeutig ist, scheint die Verwendung von Adrenalin sinnvoll, wenn die Herzfrequenz trotz adäquater Beatmung und suffizienter Thoraxkompressionen nicht über 60/Min. ansteigt. Die empfohlene intravenöse Dosis beträgt 10 µg/kgKG (0,1 ml/kgKG der 1:10.000 Lösung) und soll so schnell wie möglich intravenös verabreicht werden. Sind weitere Gaben notwendig, sollen in der Folge 10–30 µg/kgKG (0,1–0,3 ml/kgKG der 1:10.000 Lösung) pro Dosis verabreicht werden.



Eine endotracheale Verabreichung wird nicht empfohlen. Wird Adrenalin dennoch endotracheal gegeben, sind sehr wahrscheinlich Dosen von 50–100 µg/kgKG notwendig.^{3,7,136,261-265} Allerdings wurde bisher weder die Sicherheit noch die Effektivität

dieser höheren endotrachealen Dosis untersucht. Die hohe Dosis darf in keinem Fall intravenös gegeben werden.

[h3] Natriumbikarbonat

Kommt es unter suffizienter Beatmung und effektiven Thoraxkompressionen nicht wieder zu einem Spontankreislauf, lässt sich die Myokardfunktion möglicherweise durch die Korrektur einer bestehenden myokardialen Azidose verbessern und so ein Spontankreislauf herstellen. Um eine Routinegabe von Natriumbikarbonat während der Reanimation eines Neugeborenen zu empfehlen, fehlen die entsprechenden Daten. Natriumbikarbonat ist hyperosmolar und führt zu einer Kohlendioxidfreisetzung. Dies kann die myokardiale und zerebrale Funktion beeinträchtigen. Während einer kurzen Reanimation wird die Gabe von Natriumbikarbonat daher nicht empfohlen. Im Rahmen eines prolongierten Kreislaufstillstands, der auf andere Maßnahmen nicht reagiert, soll die Gabe von Natriumbikarbonat nur unter effektiven Ventilationen und Thoraxkompressionen erwogen werden. Natriumbikarbonat kann unter diesen Umständen langsam intravenös in einer Dosis von 1–2 mmol/kgKG gegeben werden.

[h2] Flüssigkeitsgabe

Bei Verdacht auf einen neonatalen Blutverlust oder Zeichen eines Schocks (Blässe, schlechte periphere Durchblutung, schwache Pulse) soll eine Flüssigkeitsgabe erwogen werden, wenn das Neugeborene auf adäquate Reanimationsmaßnahmen nicht anspricht.²⁶⁶ Dies ist allerdings sehr selten der Fall. Ist bei einem Blutverlust kein geeignetes Blut verfügbar (d.h. bestrahltes, leukozytendepletiertes, 0-Rh-negatives Erythrozytenkonzentrat), sind zur Erhöhung des intravasalen Volumens isotonisch-kristalloide Lösungen albuminhaltigen vorzuziehen, um das intravasale Volumen zu erhöhen. Initial soll ein Flüssigkeitsbolus von 10 ml/kgKG verabreicht werden. Zeigt diese Maßnahme Erfolg, können im Verlauf eventuell wiederholte Bolusgaben notwendig sein, um die Verbesserung zu erhalten. Bei der Stabilisierung oder Reanimation von Frühgeborenen sind selten Flüssigkeitsbolusgaben notwendig. Eine schnelle Gabe von großen Volumenmengen ist hier mit intraventrikulären und pulmonalen Blutungen assoziiert.

[h2] Beendigung von bzw. Verzicht auf Reanimationsmaßnahmen

Mortalität und Morbidität von Neugeborenen variieren je nach Region und Verfügbarkeit von medizinischen Ressourcen.²⁶⁷ Sozialwissenschaftliche Studien zeigen, dass Eltern sich generell eine bessere Einbindung in Entscheidungsprozesse bezüglich des Beginns oder auch des Fortführens bzw. der Beendigung von lebenserhaltenden Maßnahmen bei schwer beeinträchtigten Neugeborenen wünschen.²⁶⁸ Dabei gibt es unterschiedliche Auffassungen

bei medizinischem Personal, Eltern und in der Gesellschaft über Vor- und Nachteile der medizinischen Therapie und wie weit Intensivmedizin generell bei schwerstkranken Neugeborenen gehen sollte.^{269,270} Lokale Überlebens- und Outcome-Daten stellen daher wichtige Parameter für eine seriöse Beratung von Eltern dar. Von Bedeutung scheinen klare institutionelle Richtlinien über das Vorgehen an der Grenze der Lebensfähigkeit zu sein. Eine aktuelle Studie konnte bei Bestehen klarer Richtlinien eine Outcome-Verbesserung der überlebenden Kinder zeigen.²⁷¹

[h3] Beendigung von Reanimationsmaßnahmen

Regionale und nationale Gremien legen Empfehlungen zur Beendigung von Reanimationsmaßnahmen fest. Ist bei einem gerade geborenen Kind keine Herzfrequenz nachweisbar und ist sie auch nach zehn Minuten Reanimationsmaßnahmen nicht nachweisbar, kann es angemessen sein, eine Beendigung der Wiederbelebungsmaßnahmen zu erwägen. Die Entscheidung, ob eine Reanimation nach zehn Minuten ohne erkennbare Herzfrequenz fortgeführt wird, ist oft komplex und wird durch die weiteren Umstände bestimmt. Es fließen eine Vielzahl von Variablen ein, wie die Ätiologie des Kreislaufstillstands, das Gestationsalter, die Aussicht auf Reversibilität des Zustands, die Verfügbarkeit therapeutischer Hyperthermie und zuvor von den Eltern geäußerte Ansichten über ein vertretbares Risiko einer Morbidität des Kindes.^{267,272-276} Die Entscheidung soll daher individuell getroffen werden. Liegt die Herzfrequenz nach der Geburt unter 60/Min. und kommt es trotz adäquater Reanimationsmaßnahmen nach zehn bis 15 Minuten nicht zu einem signifikanten Anstieg der Herzfrequenz, ist die Entscheidung zur Fortführung oder Beendigung dieser Maßnahmen deutlich schwieriger. Für diese Situation gibt es keine ausreichenden Daten über die Prognose eines Kindes, um klare Empfehlungen für ein Weiterführen oder einen Abbruch der Reanimationsmaßnahmen zu geben.

[h3] Verzicht auf Reanimationsmaßnahmen

Es gibt Umstände, bei welchen die Prognose eines Neugeborenen mit einer hohen Mortalität und einem schlechten Outcome verbunden ist. Hier kann es vertretbar sein, auf Reanimationsmaßnahmen zu verzichten, insbesondere dann, wenn die Gelegenheit zur vorherigen Beratung mit den Eltern besteht.^{38,272,277-282} Leider gibt es derzeit keine Evidenz für die Verwendung der verfügbaren prognostischen Scores auf alleiniger Grundlage des Gestationsalters für Frühgeborene <25 Gestationswochen.

Jeder Fall muss daher vom geburtshilflichen und neonatologischen Team individuell betrachtet werden und es ist wichtig Entscheidungen in schlüssiger und koordinierter Vorgehensweise gemeinsam mit den Eltern zu treffen.^{38,272,277-282} Eine Reanimation nicht zu

beginnen oder lebenserhaltende Maßnahmen während oder nach einer Reanimation zu beenden wird im Allgemeinen als ethisch gleichwertige Entscheidung angesehen. Daher soll nicht gezögert werden, lebenserhaltende Maßnahmen auch im weiteren Verlauf noch zu beenden, wenn ein Überleben ohne schwerste funktionelle Störungen unwahrscheinlich ist. Die folgenden Leitlinien müssen vor dem Hintergrund regional unterschiedlicher Daten zum Outcome interpretiert werden:

- Reanimationsmaßnahmen sollen nicht begonnen werden, wenn Gestationsalter, Geburtsgewicht und/oder kongenitale Fehlbildungen mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit mit einem frühen Tod verbunden sind und die sehr wenigen Überlebenden eine inakzeptabel hohe Morbidität aufweisen.^{38,277,284} Beispiele aus der publizierten Literatur wären z.B. Frühgeborene mit einem Gestationsalter unter 23 Schwangerschaftswochen und/oder einem Geburtsgewicht unter 400 g, sowie Anomalien wie eine Aneuploidie oder eine nachgewiesene Trisomie 13 oder 18.
- Der Beginn von Reanimationsmaßnahmen ist fast immer angezeigt, wenn eine hohe Überlebensrate und eine vertretbare Morbidität wahrscheinlich sind. Darunter fallen grundsätzlich Frühgeborene ab der 25. Gestationswoche (es sei denn, es bestehen Hinweise auf schwerwiegende fetale Probleme, wie eine schwere intrauterine Infektion oder eine Hypoxie bzw. Ischämie) sowie die Mehrzahl der kongenitalen Fehlbildungen.
- Ist die Prognose für ein Kind aufgrund einer grenzwertigen Überlebensrate mit relativ hoher Morbidität ungewiss und sind die für das Kind anzunehmenden Belastungen hoch, sollen die Wünsche der Eltern bezüglich einer Reanimation berücksichtigt und unterstützt werden.²⁸³
- Wird entschieden, eine Reanimation nicht zu beginnen oder zu beenden, steht für das Kind und die Familie nun ein Sterben ohne Schmerzen und in Würde im Vordergrund der Betreuung.

h2 Kommunikation mit den Eltern

Das versorgende Team soll die Eltern unbedingt über den Zustand des Neugeborenen im Verlauf unterrichten. Halten Sie sich bei der Geburt an lokale Absprachen, und übergeben Sie das Neugeborene so frühzeitig wie möglich der Mutter. Sind Reanimationsmaßnahmen notwendig, sollen die Eltern über die durchgeführte Behandlung und die Gründe dafür aufgeklärt werden.

Die europäischen Leitlinien unterstützen die Anwesenheit der Eltern während einer Reanimation.²⁸⁵ In den letzten Jahren machen medizinische Teams mehr und mehr von dieser Empfehlung Gebrauch, und Familienangehörige bekommen zunehmend die Möglichkeit, bei der Reanimation ihres Kindes dabeizubleiben. Dies gilt im Besonderen auch für die Reanimation im Kreißsaal bzw. Sectio-OP. Dem Wunsch der Eltern, bei Reanimationsmaßnahmen dabei zu sein, soll daher, wann immer dies möglich ist, nachgekommen werden.²⁸⁶

Dabei sollen die Mitglieder des versorgenden Teams gemeinsam mit der Familie ohne Zwang oder Druck entscheiden, welche Personen während der Reanimation dabei sein können. Es wird empfohlen, dass ein Teammitglied während der Reanimationsmaßnahmen ausschließlich für die Betreuung der Familienmitglieder zuständig ist. Ist das nicht möglich, bedeutet dies allerdings nicht zwangsläufig, dass sie nicht anwesend sein können. Mit den engsten Familienmitgliedern soll (gerade bei einem negativen Ausgang der Reanimation) umgehend gesprochen werden, und sie sollen die Möglichkeit bekommen, Fragen über Details des Verlaufs der Reanimation stellen zu können. Außerdem sollen sie über Möglichkeiten weiterer Unterstützung informiert werden.²⁸⁶

In die Entscheidung, ob und wann eine Neugeborenenreanimation beendet wird, soll idealerweise ein erfahrener Kinderarzt eingebunden sein. Ob Reanimationsmaßnahmen bei extremer Frühgeburtlichkeit eingeleitet werden, soll – wann immer möglich – in enger Abstimmung zwischen Eltern, erfahrenen Kinderärzten und Geburtshelfern erfolgen. Sind bei einem Kind bereits pränatal z.B. schwere angeborene Fehlbildungen bekannt, sollen die entsprechenden Therapiemöglichkeiten und die weitere Prognose bereits vor der Geburt mit Eltern, Hebammen, Geburtshelfern und erstversorgendem Team besprochen werden.²⁸³ Alle Gespräche und Entscheidungen müssen vor der Geburt sorgfältig im Krankenblatt der Schwangeren und postnatal im Krankenblatt des Neugeborenen dokumentiert werden.

[h2] Weitere Versorgung nach erfolgreicher Reanimation (Post-resuscitation care)

Auch nach anfänglicher Stabilisierung können sich Neugeborene nach einer Reanimation im weiteren Verlauf erneut klinisch verschlechtern. Sobald Atmung und Kreislauf stabilisiert sind, muss das Neugeborene an einem Ort verbleiben oder dorthin verlegt werden, an dem eine engmaschige Überwachung und weitere intensivmedizinische Therapie erfolgen kann.

h3 Glukose

In einem tierexperimentellen Asphyxie- und Reanimationsmodell war eine Hypoglykämie mit einem schlechten neurologischen Outcome assoziiert.²⁸⁷ Neugeborene Tiere, die während eines anoxischen oder hypoxisch-ischämischen Insults hypoglykämisch waren, zeigten im Verlauf größere zerebrale Infarktareale und/oder eine geringere Überlebensrate als die Kontrollgruppe.^{288,289} Eine klinische Studie konnte nachweisen, dass eine Hypoglykämie im Rahmen einer perinatalen Asphyxie mit einem schlechten neurologischen Outcome verbunden ist.²⁹⁰ Bei Erwachsenen, Kindern und extrem unreifen Neugeborenen, die intensivmedizinisch versorgt werden, ist dagegen eine Hyperglykämie ebenfalls mit einem schlechten Outcome verbunden.²⁸⁸⁻²⁹² Eine Hyperglykämie, speziell nach einem hypoxisch-ischämischen Ereignis bei pädiatrischen Patienten, scheint allerdings nicht schädlich zu sein.²⁹³ Dies unterstützen Erkenntnisse aus tierexperimentellen Studien,²⁹⁴ manche dieser Studien scheinen sogar auf einen protektiven Effekt einer Hyperglykämie in diesen Fällen hinzuweisen.²⁹⁵ Trotzdem ermöglicht die verfügbare Datenlage keine Festlegung eines Blutglukosebereichs, der mit einer geringst möglichen Hirnschädigung nach Asphyxie und Reanimation verbunden wäre. Bei Neugeborenen, die reanimiert wurden, sollen die Blutglukosespiegel daher überwacht und im Normbereich gehalten werden.

h3 Therapeutische Hypothermie

Reifgeborenen und nahezu reifen Neugeborenen mit moderater bis schwerer hypoxisch-ischämischer Enzephalopathie soll, wo möglich, eine therapeutische Hypothermie geboten werden.²⁹⁶⁻³⁰¹ Sowohl eine komplette Körperkühlung als auch eine selektive Kopfkühlung sind hierfür geeignete Methoden. Für den Beginn und die Durchführung einer Kühlung sollen definierte standardisierte Protokolle verwendet werden. Die Therapie erfolgt auf einer neonatologischen Intensivstation in Zusammenarbeit mit einem multidisziplinären Team. Die Behandlungsprotokolle sollen den in den randomisierten Studien verwendeten Studienprotokollen entsprechen (u. a. Beginn innerhalb von sechs Stunden postnatal, Kühlungsdauer 72 Stunden, Wiedererwärmung über mindestens vier Stunden). Tiermodelle zeigen deutlich, dass die Effektivität der Kühlung durch einen frühzeitigen Beginn günstig beeinflusst wird. Für eine Kühlung, die erst nach sechs Stunden postnatal bei einem Neugeborenen begonnen wird, gibt es keine Hinweise auf Effektivität. Eine Kühlung dennoch nach der sechsten Stunde zu beginnen liegt im Ermessen des behandelnden Teams unter Berücksichtigung der individuellen Situation. Bekannte Nebenwirkungen einer therapeutischen Kühlung, wie Thrombozytopenie und Hypotension, müssen engmaschig überwacht werden. Alle mit Hypothermie behandelten Neugeborenen sollen ein Follow-up in einer neonatologischen Nachsorge erhalten.

[h3] Prognostische Hilfsmittel

Der APGAR-Score war als „*einfache, gebräuchliche, eindeutige Klassifikation des Neugeborenen nach der Geburt*“ gedacht und soll „*als Diskussionsgrundlage und zum Vergleich verschiedener geburtshilflicher Praktiken, Verfahren zur mütterlichen Schmerztherapie und zur **Beurteilung der Effektivität** von Reanimationsmaßnahmen*“ dienen (Betonung durch die Autoren).¹⁰⁶ Auch wenn der APGAR-Score weiterhin im klinischen Alltag, für wissenschaftliche Studien und als prognostisches Hilfsmittel verwendet wird³⁰², wird seine Eignung durch die hohe inter- und intrapersonelle Variabilität bei seiner Erhebung zunehmend infrage gestellt. Zum Teil lässt sich dies durch das fehlende Einvernehmen erklären, wie die Therapie und wie Frühgeburtlichkeit in den APGAR-Score einfließen sollen. Eine Weiterentwicklung des APGAR-Scores soll daher in folgende Richtung erfolgen: Alle Parameter sollen anhand des tatsächlichen klinischen Zustands, unabhängig von den durchgeführten medizinischen Maßnahmen, gewertet werden, und die Bewertung soll der besonderen klinischen Situation bei Frühgeburtlichkeit Rechnung tragen. Zusätzlich sollen auch die medizinischen Maßnahmen, die zum Erreichen der klinischen Situation notwendig waren, bewertet werden. Dieser „kombinierte“ APGAR-Score scheint eine bessere prognostische Aussagekraft bei Früh- und reifen Neugeborenen zu haben.^{303,304}

[H1] Briefing/Debriefing

Im Vorfeld einer Reanimation sollen die Zuständigkeiten der einzelnen Teammitglieder festgelegt werden. Im Anschluss an eine Neugeborenenversorgung sollen die Ereignisse in positiver und konstruktiver Weise im Team nachbesprochen werden. Gerade nach dramatischen Ereignissen soll Teammitgliedern immer auch die Möglichkeit einer psychologischen Unterstützung angeboten werden. In Studien konnte ein genereller positiver Effekt von Briefings und Debriefings auf die zukünftige Team-Performance nachgewiesen werden.³⁰⁵⁻³¹⁰ Allerdings handelte es sich bei diesen Studien häufig um Untersuchungen im Rahmen von Simulationstrainings. Versorgungen im Kreißsaal bzw. Sectio-OP zu filmen und diese nachzubesprechen scheint ebenfalls eine sehr vielversprechende Methode für die Verbesserung der Versorgungsqualität zu sein.³¹¹ Es konnte gezeigt werden, dass eine strukturierte Analyse des gesamten perinatologischen Managements mit Feedback zu einer Verbesserung des Outcomes und weniger intraventrikulären Blutungen bei Frühgeborenen führen.³¹²

Unabhängig vom Ausgang einer Reanimation kann das Miterleben der Wiederbelebung des eigenen Neugeborenen ein traumatisierendes Erlebnis für Eltern sein. Wann immer die Notwendigkeit von Reanimationsmaßnahmen im Vorfeld einer Versorgung zu erwarten ist,

sollen Eltern daher darauf vorbereitet werden. Sie sollen möglichst engmaschig Informationen über den Verlauf erhalten und in jedem Fall sobald als möglich nach der Reanimation über Einzelheiten informiert werden. Idealerweise werden diese Informationen von erfahrenen Mitarbeitern übermittelt. Der frühestmögliche Kontakt zwischen Eltern und Kind hat größte Bedeutung.

Autoren der Übersetzung:

Dr. Jens-Christian Schwindt
SIM*Characters* Training GmbH
Rosette Anday-Straße 26a/1
A 3021 Pressbaum
Jens.Schwindt@simcharacters.com

Dr. Ulrich Kreth
Klinik für Kinder- und Jugendmedizin
Allgemeines Krankenhaus Viersen GmbH
Hoserkirchweg 63
41747 Viersen
kreth@akh-viersen.de

Literatur

1. Wyllie J, Jos Bruinenberg J, Roehr CC, Rüdiger M, Trevisanuto D, B. U. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015 Section 7 Resuscitation and Support of Transition of Babies at Birth. Resuscitation 2015.
2. Perlman JM, Wyllie J, Kattwinkel J, et al. Part 7: Neonatal resuscitation: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. Circulation In press.
3. Richmond S, Wyllie J. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 7. Resuscitation of babies at birth. Resuscitation 2010;81:1389-99.

4. Wyllie J, Perlman JM, Kattwinkel J, et al. Part 11: Neonatal resuscitation: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Resuscitation* 2010;81 Suppl 1:e260-87.
5. Ersdal HL, Mduma E, Svensen E, Perlman JM. Early initiation of basic resuscitation interventions including face mask ventilation may reduce birth asphyxia related mortality in low-income countries: a prospective descriptive observational study. *Resuscitation* 2012;83:869-73.
6. Perlman JM, Risser R. Cardiopulmonary resuscitation in the delivery room: associated clinical events. *Archives of pediatrics & adolescent medicine* 1995;149:20-5.
7. Barber CA, Wyckoff MH. Use and efficacy of endotracheal versus intravenous epinephrine during neonatal cardiopulmonary resuscitation in the delivery room. *Pediatrics* 2006;118:1028-34.
8. Palme-Kilander C. Methods of resuscitation in low-Apgar-score newborn infants--a national survey. *Acta paediatrica* 1992;81:739-44.
9. Aziz K, Chadwick M, Baker M, Andrews W. Ante- and intra-partum factors that predict increased need for neonatal resuscitation. *Resuscitation* 2008;79:444-52.
10. Yee W, Amin H, Wood S. Elective cesarean delivery, neonatal intensive care unit admission, and neonatal respiratory distress. *Obstet Gynecol* 2008;111:823-8.
11. Chiosi C. Genetic drift. Hospital deliveries. *Am J Med Genet A* 2013;161A:2122-3.
12. Ertugrul S, Gun I, Mungen E, Muhcu M, Kilic S, Atay V. Evaluation of neonatal outcomes in elective repeat cesarean delivery at term according to weeks of gestation. *J Obstet Gynaecol Res* 2013;39:105-12.
13. Berthelot-Ricou A, Lacroze V, Courbiere B, Guidicelli B, Gamberre M, Simeoni U. Respiratory distress syndrome after elective caesarean section in near term infants: a 5-year cohort study. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2013;26:176-82.
14. Gordon A, McKechnie EJ, Jeffery H. Pediatric presence at cesarean section: justified or not? *Am J Obstet Gynecol* 2005;193:599-605.
15. Atherton N, Parsons SJ, Mansfield P. Attendance of paediatricians at elective Caesarean sections performed under regional anaesthesia: is it warranted? *J Paediatr Child Health* 2006;42:332-6.

16. Annibale DJ, Hulse TC, Wagner CL, Southgate WM. Comparative neonatal morbidity of abdominal and vaginal deliveries after uncomplicated pregnancies. *Archives of pediatrics & adolescent medicine* 1995;149:862-7.
17. Parsons SJ, Sonneveld S, Nolan T. Is a paediatrician needed at all Caesarean sections? *J Paediatr Child Health* 1998;34:241-4.
18. Peltonen T. Placental transfusion--advantage an disadvantage. *Eur J Pediatr* 1981;137:141-6.
19. Brady JP, James LS. Heart rate changes in the fetus and newborn infant during labor, delivery, and the immediate neonatal period. *Am J Obstet Gynecol* 1962;84:1-12.
20. Polglase GR, Dawson JA, Kluckow M, et al. Ventilation onset prior to umbilical cord clamping (physiological-based cord clamping) improves systemic and cerebral oxygenation in preterm lambs. *PloS one* 2015;10:e0117504.
21. Strauss RG, Mock DM, Johnson KJ, et al. A randomized clinical trial comparing immediate versus delayed clamping of the umbilical cord in preterm infants: short-term clinical and laboratory endpoints. *Transfusion* 2008;48:658-65.
22. Rabe H, Reynolds G, Diaz-Rossello J. A systematic review and meta-analysis of a brief delay in clamping the umbilical cord of preterm infants. *Neonatology* 2008;93:138-44.
23. Ghavam S, Batra D, Mercer J, et al. Effects of placental transfusion in extremely low birthweight infants: meta-analysis of long- and short-term outcomes. *Transfusion* 2014;54:1192-8.
24. Mercer JS, Vohr BR, McGrath MM, Padbury JF, Wallach M, Oh W. Delayed cord clamping in very preterm infants reduces the incidence of intraventricular hemorrhage and late-onset sepsis: a randomized, controlled trial. *Pediatrics* 2006;117:1235-42.
25. Kugelman A, Borenstein-Levin L, Riskin A, et al. Immediate versus delayed umbilical cord clamping in premature neonates born < 35 weeks: a prospective, randomized, controlled study. *Am J Perinatol* 2007;24:307-15.
26. Katheria AC, Truong G, Cousins L, Oshiro B, Finer NN. Umbilical Cord Milking Versus Delayed Cord Clamping in Preterm Infants. *Pediatrics* 2015;136:61-9.
27. Dahm LS, James LS. Newborn temperature and calculated heat loss in the delivery room. *Pediatrics* 1972;49:504-13.

28. Stephenson J, Du J, TK O. The effect of cooling on blood gas tensions in newborn infants. *Journal of Pediatrics* 1970;76:848-52.
29. Gandy GM, Adamsons K, Jr., Cunningham N, Silverman WA, James LS. Thermal environment and acid-base homeostasis in human infants during the first few hours of life. *J Clin Invest* 1964;43:751-8.
30. Budin P. *The Nursling. The Feeding and Hygiene of Premature and Full-term Infants.* Translation by WJ Maloney: London: The Caxton Publishing Company; 1907.
31. Abd-El Hamid S, Badr-El Din MM, Dabous NI, Saad KM. Effect of the use of a polyethylene wrap on the morbidity and mortality of very low birth weight infants in Alexandria University Children's Hospital. *J Egypt Public Health Assoc* 2012;87:104-8.
32. Acolet D, Elbourne D, McIntosh N, et al. Project 27/28: inquiry into quality of neonatal care and its effect on the survival of infants who were born at 27 and 28 weeks in England, Wales, and Northern Ireland. *Pediatrics* 2005;116:1457-65.
33. Bateman DA, O'Bryan L, Nicholas SW, Heagarty MC. Outcome of unattended out-of-hospital births in Harlem. *Archives of pediatrics & adolescent medicine* 1994;148:147-52.
34. Bhoopalam PS, Watkinson M. Babies born before arrival at hospital. *Br J Obstet Gynaecol* 1991;98:57-64.
35. Boo NY, Guat-Sim Cheah I, Malaysian National Neonatal R. Admission hypothermia among VLBW infants in Malaysian NICUs. *Journal of tropical pediatrics* 2013;59:447-52.
36. Buetow KC, Kelein SW. Effects of maintenance of "normal" skin temperature on survival of infants of low birth weight. *Pediatr* 1964;33:163-9.
37. Costeloe K, Hennessy E, Gibson AT, Marlow N, Wilkinson AR. The EPICure study: outcomes to discharge from hospital for infants born at the threshold of viability. *Pediatrics* 2000;106:659-71.
38. Costeloe KL, Hennessy EM, Haider S, Stacey F, Marlow N, Draper ES. Short term outcomes after extreme preterm birth in England: comparison of two birth cohorts in 1995 and 2006 (the EPICure studies). *Bmj* 2012;345:e7976.
39. da Mota Silveira SM, Goncalves de Mello MJ, de Arruda Vidal S, de Frias PG, Cattaneo A. Hypothermia on admission: a risk factor for death in newborns referred to the Pernambuco Institute of Mother and Child Health. *Journal of tropical pediatrics* 2003;49:115-20.

40. Daga AS, Daga SR, Patole SK. Determinants of death among admissions to intensive care unit for newborns. *Journal of tropical pediatrics* 1991;37:53-6.
41. de Almeida MF, Guinsburg R, Sancho GA, et al. Hypothermia and early neonatal mortality in preterm infants. *The Journal of pediatrics* 2014;164:271-5 e1.
42. Garcia-Munoz Rodrigo F, Rivero Rodriguez S, Siles Quesada C. [Hypothermia risk factors in the very low weight newborn and associated morbidity and mortality in a neonatal care unit]. *An Pediatr (Barc)* 2014;80:144-50.
43. Harms K, Osmers R, Kron M, et al. [Mortality of premature infants 1980-1990: analysis of data from the Gottingen perinatal center]. *Z Geburtshilfe Perinatol* 1994;198:126-33.
44. Hazan J, Maag U, Chessex P. Association between hypothermia and mortality rate of premature infants--revisited. *Am J Obstet Gynecol* 1991;164:111-2.
45. Jones P, Alberti C, Jule L, et al. Mortality in out-of-hospital premature births. *Acta paediatrica* 2011;100:181-7.
46. Kalimba E, Ballot D. Survival of extremely low-birth-weight infants. *South African Journal of Child Health* 2013;7(1):13-6.
47. Kambarami R, Chidede O. Neonatal hypothermia levels and risk factors for mortality in a tropical country. *Cent Afr J Med* 2003;49:103-6.
48. Kent AL, Williams J. Increasing ambient operating theatre temperature and wrapping in polyethylene improves admission temperature in premature infants. *J Paediatr Child Health* 2008;44:325-31.
49. Laptok AR, Salhab W, Bhaskar B, Neonatal Research N. Admission temperature of low birth weight infants: predictors and associated morbidities. *Pediatrics* 2007;119:e643-9.
50. Lee HC, Ho QT, Rhine WD. A quality improvement project to improve admission temperatures in very low birth weight infants. *Journal of perinatology : official journal of the California Perinatal Association* 2008;28:754-8.
51. Levi S, Taylor W, Robinson LE, Levy LI. Analysis of morbidity and outcome of infants weighing less than 800 grams at birth. *South Med J* 1984;77:975-8.

52. Manani M, Jegatheesan P, DeSandre G, Song D, Showalter L, Govindaswami B. Elimination of admission hypothermia in preterm very low-birth-weight infants by standardization of delivery room management. *Perm J* 2013;17:8-13.
53. Manji KP, Kisenge R. Neonatal hypothermia on admission to a special care unit in Dar-es-Salaam, Tanzania: a cause for concern. *Cent Afr J Med* 2003;49:23-7.
54. Mathur NB, Krishnamurthy S, Mishra TK. Evaluation of WHO classification of hypothermia in sick extramural neonates as predictor of fatality. *Journal of tropical pediatrics* 2005;51:341-5.
55. Miller SS, Lee HC, Gould JB. Hypothermia in very low birth weight infants: distribution, risk factors and outcomes. *Journal of perinatology : official journal of the California Perinatal Association* 2011;31 Suppl 1:S49-56.
56. Mullany LC, Katz J, Khatry SK, LeClerq SC, Darmstadt GL, Tielsch JM. Risk of mortality associated with neonatal hypothermia in southern Nepal. *Archives of pediatrics & adolescent medicine* 2010;164:650-6.
57. Nayeri F, Nili F. Hypothermia at Birth and its Associated Complications in Newborn infants: a Follow up Study. *Iranian Journal of Public Health* 2006;35(1):48-52.
58. Obladen M, Heemann U, Hennecke KH, Hanssler L. [Causes of neonatal mortality 1981-1983: a regional analysis]. *Z Geburtshilfe Perinatol* 1985;189:181-7.
59. Ogunlesi TA, Ogunfowora OB, Adekanmbi FA, Fetuga BM, Olanrewaju DM. Point-of-admission hypothermia among high-risk Nigerian newborns. *BMC pediatrics* 2008;8:40.
60. Pal DK, Manandhar DS, Rajbhandari S, Land JM, Patel N, de LCAM. Neonatal hypoglycaemia in Nepal 1. Prevalence and risk factors. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2000;82:F46-51.
61. Shah S, Zemichael O, Meng HD. Factors associated with mortality and length of stay in hospitalised neonates in Eritrea, Africa: a cross-sectional study. *BMJ Open* 2012;2.
62. Singh A, Yadav A, Singh A. Utilization of postnatal care for newborns and its association with neonatal mortality in India: an analytical appraisal. *BMC Pregnancy Childbirth* 2012;12:33.
63. Sodemann M, Nielsen J, Veirum J, Jakobsen MS, Biai S, Aaby P. Hypothermia of newborns is associated with excess mortality in the first 2 months of life in Guinea-Bissau, West Africa. *Trop Med Int Health* 2008;13:980-6.

64. Stanley FJ, Alberman EV. Infants of very low birthweight. I: Perinatal factors affecting survival. *Dev Med Child Neurol* 1978;20:300-12.
65. Wyckoff MH, Perlman JM. Effective ventilation and temperature control are vital to outborn resuscitation. *Prehospital emergency care : official journal of the National Association of EMS Physicians and the National Association of State EMS Directors* 2004;8:191-5.
66. Bartels DB, Kreienbrock L, Dammann O, Wenzlaff P, Poets CF. Population based study on the outcome of small for gestational age newborns. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2005;90:F53-9.
67. Carroll PD, Nankervis CA, Giannone PJ, Cordero L. Use of polyethylene bags in extremely low birth weight infant resuscitation for the prevention of hypothermia. *J Reprod Med* 2010;55:9-13.
68. Gleissner M, Jorch G, Avenarius S. Risk factors for intraventricular hemorrhage in a birth cohort of 3721 premature infants. *J Perinat Med* 2000;28:104-10.
69. Herting E, Speer CP, Harms K, et al. Factors influencing morbidity and mortality in infants with severe respiratory distress syndrome treated with single or multiple doses of a natural porcine surfactant. *Biol Neonate* 1992;61 Suppl 1:26-30.
70. DeMauro SB, Douglas E, Karp K, et al. Improving delivery room management for very preterm infants. *Pediatrics* 2013;132:e1018-25.
71. Harms K, Herting E, Kron M, Schill M, Schiffmann H. [Importance of pre- and perinatal risk factors in respiratory distress syndrome of premature infants. A logical regression analysis of 1100 cases]. *Z Geburtshilfe Neonatol* 1997;201:258-62.
72. Lee HC, Powers RJ, Bennett MV, et al. Implementation methods for delivery room management: a quality improvement comparison study. *Pediatrics* 2014;134:e1378-86.
73. Reilly MC, Vohra S, Rac VE, et al. Randomized trial of occlusive wrap for heat loss prevention in preterm infants. *The Journal of pediatrics* 2015;166:262-8 e2.
74. Zayeri F, Kazemnejad A, Ganjali M, Babaei G, Khanafshar N, Nayeri F. Hypothermia in Iranian newborns. Incidence, risk factors and related complications. *Saudi Med J* 2005;26:1367-71.

75. Anderson S, Shakya KN, Shrestha LN, Costello AM. Hypoglycaemia: a common problem among uncomplicated newborn infants in Nepal. *Journal of tropical pediatrics* 1993;39:273-7.
76. Lasic-Mitrovic T, Djukic M, Cutura N, et al. [Transitory hypothermia as early prognostic factor in term newborns with intrauterine growth retardation]. *Srp Arh Celok Lek* 2010;138:604-8.
77. Lenclen R, Mazraani M, Jugie M, et al. [Use of a polyethylene bag: a way to improve the thermal environment of the premature newborn at the delivery room]. *Arch Pediatr* 2002;9:238-44.
78. Sasidharan CK, Gokul E, Sabitha S. Incidence and risk factors for neonatal hypoglycaemia in Kerala, India. *Ceylon Med J* 2004;49:110-3.
79. Mullany LC. Neonatal hypothermia in low-resource settings. *Semin Perinatol* 2010;34:426-33.
80. World Health Organization: Department of Reproductive Health and Research (RHR) Thermal protection of the newborn: a practical guide (WHO/RHT/MSM/97.2) Geneva. 1997.
81. Dahm LS, James LS. Newborn temperature and calculated heat loss in the delivery room. *Pediatrics* 1972;49:504-13.
82. Vohra S, Frent G, Campbell V, Abbott M, Whyte R. Effect of polyethylene occlusive skin wrapping on heat loss in very low birth weight infants at delivery: a randomized trial. *The Journal of pediatrics* 1999;134:547-51.
83. Bjorklund LJ, Hellstrom-Westas L. Reducing heat loss at birth in very preterm infants. *The Journal of pediatrics* 2000;137:739-40.
84. Meyer MP, Payton MJ, Salmon A, Hutchinson C, de Klerk A. A clinical comparison of radiant warmer and incubator care for preterm infants from birth to 1800 grams. *Pediatrics* 2001;108:395-401.
85. te Pas AB, Lopriore E, Dito I, Morley CJ, Walther FJ. Humidified and heated air during stabilization at birth improves temperature in preterm infants. *Pediatrics* 2010;125:e1427-32.
86. Russo A, McCreedy M, Torres L, et al. Reducing hypothermia in preterm infants following delivery. *Pediatrics* 2014;133:e1055-62.

87. Pinheiro JM, Furdon SA, Boynton S, Dugan R, Reu-Donlon C, Jensen S. Decreasing hypothermia during delivery room stabilization of preterm neonates. *Pediatrics* 2014;133:e218-26.
88. McCarthy LK, Molloy EJ, Twomey AR, Murphy JF, O'Donnell CP. A randomized trial of exothermic mattresses for preterm newborns in polyethylene bags. *Pediatrics* 2013;132:e135-41.
89. Billimoria Z, Chawla S, Bajaj M, Natarajan G. Improving admission temperature in extremely low birth weight infants: a hospital-based multi-intervention quality improvement project. *J Perinat Med* 2013;41:455-60.
90. Chawla S, Amaram A, Gopal SP, Natarajan G. Safety and efficacy of Trans-warmer mattress for preterm neonates: results of a randomized controlled trial. *Journal of perinatology : official journal of the California Perinatal Association* 2011;31:780-4.
91. Ibrahim CP, Yoxall CW. Use of self-heating gel mattresses eliminates admission hypothermia in infants born below 28 weeks gestation. *Eur J Pediatr* 2010;169:795-9.
92. Singh A, Duckett J, Newton T, Watkinson M. Improving neonatal unit admission temperatures in preterm babies: exothermic mattresses, polythene bags or a traditional approach? *Journal of perinatology : official journal of the California Perinatal Association* 2010;30:45-9.
93. Belsches TC, Tilly AE, Miller TR, et al. Randomized trial of plastic bags to prevent term neonatal hypothermia in a resource-poor setting. *Pediatrics* 2013;132:e656-61.
94. Leadford AE, Warren JB, Manasyan A, et al. Plastic bags for prevention of hypothermia in preterm and low birth weight infants. *Pediatrics* 2013;132:e128-34.
95. Bergman NJ, Linley LL, Fawcus SR. Randomized controlled trial of skin-to-skin contact from birth versus conventional incubator for physiological stabilization in 1200- to 2199-gram newborns. *Acta paediatrica* 2004;93:779-85.
96. Fardig JA. A comparison of skin-to-skin contact and radiant heaters in promoting neonatal thermoregulation. *Journal of nurse-midwifery* 1980;25:19-28.
97. Christensson K, Siles C, Moreno L, et al. Temperature, metabolic adaptation and crying in healthy full-term newborns cared for skin-to-skin or in a cot. *Acta paediatrica* 1992;81:488-93.

98. Christensson K. Fathers can effectively achieve heat conservation in healthy newborn infants. *Acta paediatrica* 1996;85:1354-60.
99. Bystrova K, Widstrom AM, Matthiesen AS, et al. Skin-to-skin contact may reduce negative consequences of "the stress of being born": a study on temperature in newborn infants, subjected to different ward routines in St. Petersburg. *Acta paediatrica* 2003;92:320-6.
100. Nimbalkar SM, Patel VK, Patel DV, Nimbalkar AS, Sethi A, Phatak A. Effect of early skin-to-skin contact following normal delivery on incidence of hypothermia in neonates more than 1800 g: randomized control trial. *Journal of perinatology : official journal of the California Perinatal Association* 2014;34:364-8.
101. Marin Gabriel MA, Llana Martin I, Lopez Escobar A, Fernandez Villalba E, Romero Blanco I, Touza Pol P. Randomized controlled trial of early skin-to-skin contact: effects on the mother and the newborn. *Acta paediatrica* 2010;99:1630-4.
102. Lieberman E, Eichenwald E, Mathur G, Richardson D, Heffner L, Cohen A. Intrapartum fever and unexplained seizures in term infants. *Pediatrics* 2000;106:983-8.
103. Grether JK, Nelson KB. Maternal infection and cerebral palsy in infants of normal birth weight. *Jama* 1997;278:207-11.
104. Coimbra C, Boris-Moller F, Drake M, Wieloch T. Diminished neuronal damage in the rat brain by late treatment with the antipyretic drug dipyron or cooling following cerebral ischemia. *Acta Neuropathol* 1996;92:447-53.
105. Dietrich WD, Alonso O, Halley M, Busto R. Delayed posttraumatic brain hyperthermia worsens outcome after fluid percussion brain injury: a light and electron microscopic study in rats. *Neurosurgery* 1996;38:533-41; discussion 41.
106. Apgar V. A proposal for a new method of evaluation of the newborn infant. *Curr Res Anesth Analg* 1953;32.
107. Chamberlain G, Banks J. Assessment of the Apgar score. *Lancet* 1974;2:1225-8.
108. Owen CJ, Wyllie JP. Determination of heart rate in the baby at birth. *Resuscitation* 2004;60:213-7.
109. Kamlin CO, O'Donnell CP, Everest NJ, Davis PG, Morley CJ. Accuracy of clinical assessment of infant heart rate in the delivery room. *Resuscitation* 2006;71:319-21.

110. Dawson JA, Saraswat A, Simionato L, et al. Comparison of heart rate and oxygen saturation measurements from Masimo and Nellcor pulse oximeters in newly born term infants. *Acta paediatrica* 2013;102:955-60.
111. Kamlin CO, Dawson JA, O'Donnell CP, et al. Accuracy of pulse oximetry measurement of heart rate of newborn infants in the delivery room. *The Journal of pediatrics* 2008;152:756-60.
112. Katheria A, Rich W, Finer N. Electrocardiogram provides a continuous heart rate faster than oximetry during neonatal resuscitation. *Pediatrics* 2012;130:e1177-81.
113. Voogdt KG, Morrison AC, Wood FE, van Elburg RM, Wyllie JP. A randomised, simulated study assessing auscultation of heart rate at birth. *Resuscitation* 2010;81:1000-3.
114. Mizumoto H, Tomotaki S, Shibata H, et al. Electrocardiogram shows reliable heart rates much earlier than pulse oximetry during neonatal resuscitation. *Pediatr Int* 2012;54:205-7.
115. van Vonderen JJ, Hooper SB, Kroese JK, et al. Pulse oximetry measures a lower heart rate at birth compared with electrocardiography. *The Journal of pediatrics* 2015;166:49-53.
116. O'Donnell CP, Kamlin CO, Davis PG, Carlin JB, Morley CJ. Clinical assessment of infant colour at delivery. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2007;92:F465-7.
117. Konstantelos D, Gurth H, Bergert R, Ifflaender S, Rudiger M. Positioning of term infants during delivery room routine handling - analysis of videos. *BMC pediatrics* 2014;14:33.
118. Kelleher J, Bhat R, Salas AA, et al. Oronasopharyngeal suction versus wiping of the mouth and nose at birth: a randomised equivalency trial. *Lancet* 2013;382:326-30.
119. Cordero L, Jr., Hon EH. Neonatal bradycardia following nasopharyngeal stimulation. *The Journal of pediatrics* 1971;78:441-7.
120. Gungor S, Kurt E, Teksoz E, Goktolga U, Ceyhan T, Baser I. Oronasopharyngeal suction versus no suction in normal and term infants delivered by elective cesarean section: a prospective randomized controlled trial. *Gynecol Obstet Invest* 2006;61:9-14.
121. Waltman PA, Brewer JM, Rogers BP, May WL. Building evidence for practice: a pilot study of newborn bulb suctioning at birth. *J Midwifery Womens Health* 2004;49:32-8.

122. Carson BS, Losey RW, Bowes WA, Jr., Simmons MA. Combined obstetric and pediatric approach to prevent meconium aspiration syndrome. *Am J Obstet Gynecol* 1976;126:712-5.
123. Ting P, Brady JP. Tracheal suction in meconium aspiration. *Am J Obstet Gynecol* 1975;122:767-71.
124. Falciglia HS, Henderschott C, Potter P, Helmchen R. Does DeLee suction at the perineum prevent meconium aspiration syndrome? *Am J Obstet Gynecol* 1992;167:1243-9.
125. Wiswell TE, Tuggle JM, Turner BS. Meconium aspiration syndrome: have we made a difference? *Pediatrics* 1990;85:715-21.
126. Wiswell TE, Gannon CM, Jacob J, et al. Delivery room management of the apparently vigorous meconium-stained neonate: results of the multicenter, international collaborative trial. *Pediatrics* 2000;105:1-7.
127. Vain NE, Szyld EG, Prudent LM, Wiswell TE, Aguilar AM, Vivas NI. Oropharyngeal and nasopharyngeal suctioning of meconium-stained neonates before delivery of their shoulders: multicentre, randomised controlled trial. *Lancet* 2004;364:597-602.
128. Chettri S, Adhisivam B, Bhat BV. Endotracheal Suction for Nonvigorous Neonates Born through Meconium Stained Amniotic Fluid: A Randomized Controlled Trial. *The Journal of pediatrics* 2015.
129. Al Takroni AM, Parvathi CK, Mendis KB, Hassan S, Reddy I, Kudair HA. Selective tracheal suctioning to prevent meconium aspiration syndrome. *Int J Gynaecol Obstet* 1998;63:259-63.
130. Davis RO, Philips JB, 3rd, Harris BA, Jr., Wilson ER, Huddleston JF. Fatal meconium aspiration syndrome occurring despite airway management considered appropriate. *Am J Obstet Gynecol* 1985;151:731-6.
131. Manganaro R, Mami C, Palmara A, Paolata A, Gemelli M. Incidence of meconium aspiration syndrome in term meconium-stained babies managed at birth with selective tracheal intubation. *J Perinat Med* 2001;29:465-8.
132. Yoder BA. Meconium-stained amniotic fluid and respiratory complications: impact of selective tracheal suction. *Obstet Gynecol* 1994;83:77-84.
133. Bent RC, Wiswell TE, Chang A. Removing meconium from infant tracheae. What works best? *Am J Dis Child* 1992;146:1085-9.

134. Dargaville PA, Copnell B, Mills JF, et al. Randomized controlled trial of lung lavage with dilute surfactant for meconium aspiration syndrome. *The Journal of pediatrics* 2011;158:383-9 e2.
135. Dargaville PA, Copnell B, Mills JF, et al. Fluid recovery during lung lavage in meconium aspiration syndrome. *Acta paediatrica* 2013;102:e90-3.
136. Wyllie J, Perlman JM, Kattwinkel J, et al. Part 11: Neonatal resuscitation: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Resuscitation* 2010;81 Suppl 1:e260-87.
137. Vyas H, Milner AD, Hopkin IE, Boon AW. Physiologic responses to prolonged and slow-rise inflation in the resuscitation of the asphyxiated newborn infant. *The Journal of pediatrics* 1981;99:635-9.
138. Mortola JP, Fisher JT, Smith JB, Fox GS, Weeks S, Willis D. Onset of respiration in infants delivered by cesarean section. *J Appl Physiol* 1982;52:716-24.
139. Hull D. Lung expansion and ventilation during resuscitation of asphyxiated newborn infants. *The Journal of pediatrics* 1969;75:47-58.
140. Vyas H, Milner AD, Hopkins IE. Intrathoracic pressure and volume changes during the spontaneous onset of respiration in babies born by cesarean section and by vaginal delivery. *The Journal of pediatrics* 1981;99:787-91.
141. Vyas H, Field D, Milner AD, Hopkin IE. Determinants of the first inspiratory volume and functional residual capacity at birth. *Pediatr Pulmonol* 1986;2:189-93.
142. Boon AW, Milner AD, Hopkin IE. Lung expansion, tidal exchange, and formation of the functional residual capacity during resuscitation of asphyxiated neonates. *The Journal of pediatrics* 1979;95:1031-6.
143. Hird MF, Greenough A, Gamsu HR. Inflating pressures for effective resuscitation of preterm infants. *Early Hum Dev* 1991;26:69-72.
144. Lindner W, Vossbeck S, Hummler H, Pohlandt F. Delivery room management of extremely low birth weight infants: spontaneous breathing or intubation? *Pediatrics* 1999;103:961-7.
145. Wood FE, Morley CJ, Dawson JA, et al. Assessing the effectiveness of two round neonatal resuscitation masks: study 1. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2008;93:F235-7.

146. Wood FE, Morley CJ, Dawson JA, et al. Improved techniques reduce face mask leak during simulated neonatal resuscitation: study 2. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2008;93:F230-4.
147. Tracy MB, Klimek J, Coughtrey H, et al. Mask leak in one-person mask ventilation compared to two-person in newborn infant manikin study. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2011;96:F195-200.
148. Schmolzer GM, Dawson JA, Kamlin CO, O'Donnell CP, Morley CJ, Davis PG. Airway obstruction and gas leak during mask ventilation of preterm infants in the delivery room. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2011;96:F254-7.
149. Schmolzer GM, Kamlin OC, O'Donnell CP, Dawson JA, Morley CJ, Davis PG. Assessment of tidal volume and gas leak during mask ventilation of preterm infants in the delivery room. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2010;95:F393-7.
150. Klingenberg C, Sobotka KS, Ong T, et al. Effect of sustained inflation duration; resuscitation of near-term asphyxiated lambs. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2013;98:F222-7.
151. te Pas AB, Siew M, Wallace MJ, et al. Effect of sustained inflation length on establishing functional residual capacity at birth in ventilated premature rabbits. *Pediatric research* 2009;66:295-300.
152. Harling AE, Beresford MW, Vince GS, Bates M, Yoxall CW. Does sustained lung inflation at resuscitation reduce lung injury in the preterm infant? *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2005;90:F406-10.
153. Lindner W, Hogel J, Pohlandt F. Sustained pressure-controlled inflation or intermittent mandatory ventilation in preterm infants in the delivery room? A randomized, controlled trial on initial respiratory support via nasopharyngeal tube. *Acta paediatrica* 2005;94:303-9.
154. Lista G, Boni L, Scopesi F, et al. Sustained lung inflation at birth for preterm infants: a randomized clinical trial. *Pediatrics* 2015;135:e457-64.
155. Lista G, Fontana P, Castoldi F, Caviglioli F, Dani C. Does sustained lung inflation at birth improve outcome of preterm infants at risk for respiratory distress syndrome? *Neonatology* 2011;99:45-50.
156. Mariani G, Dik PB, Ezquer A, et al. Pre-ductal and post-ductal O₂ saturation in healthy term neonates after birth. *The Journal of pediatrics* 2007;150:418-21.

157. Dawson JA, Kamlin CO, Vento M, et al. Defining the reference range for oxygen saturation for infants after birth. *Pediatrics* 2010;125:e1340-7.
158. Davis PG, Tan A, O'Donnell CP, Schulze A. Resuscitation of newborn infants with 100% oxygen or air: a systematic review and meta-analysis. *Lancet* 2004;364:1329-33.
159. Vento M, Moro M, Escrig R, et al. Preterm Resuscitation With Low Oxygen Causes Less Oxidative Stress, Inflammation, and Chronic Lung Disease. *Pediatrics* 2009.
160. Saugstad OD, Aune D, Aguar M, Kapadia V, Finer N, Vento M. Systematic review and meta-analysis of optimal initial fraction of oxygen levels in the delivery room at ≤ 32 weeks. *Acta paediatrica* 2014;103:744-51.
161. Armanian AM, Badiee Z. Resuscitation of preterm newborns with low concentration oxygen versus high concentration oxygen. *Journal of research in pharmacy practice* 2012;1:25-9.
162. Kapadia VS, Chalak LF, Sparks JE, Allen JR, Savani RC, Wyckoff MH. Resuscitation of preterm neonates with limited versus high oxygen strategy. *Pediatrics* 2013;132:e1488-96.
163. Lundstrom KE, Pryds O, Greisen G. Oxygen at birth and prolonged cerebral vasoconstriction in preterm infants. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 1995;73:F81-F6.
164. Rabi Y, Singhal N, Nettel-Aguirre A. Room-air versus oxygen administration for resuscitation of preterm infants: the ROAR study. *Pediatrics* 2011;128:e374-81.
165. Rook D, Schierbeek H, Vento M, et al. Resuscitation of preterm infants with different inspired oxygen fractions. *The Journal of pediatrics* 2014;164:1322-6 e3.
166. Wang CL, Anderson C, Leone TA, Rich W, Govindaswami B, Finer NN. Resuscitation of preterm neonates by using room air or 100% oxygen. *Pediatrics* 2008;121:1083-9.
167. O'Donnell CP, Kamlin CO, Davis PG, Morley CJ. Feasibility of and delay in obtaining pulse oximetry during neonatal resuscitation. *The Journal of pediatrics* 2005;147:698-9.
168. Dawson JA, Kamlin CO, Wong C, et al. Oxygen saturation and heart rate during delivery room resuscitation of infants < 30 weeks' gestation with air or 100% oxygen. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2009;94:F87-91.

169. Dildy GA, van den Berg PP, Katz M, et al. Intrapartum fetal pulse oximetry: fetal oxygen saturation trends during labor and relation to delivery outcome. *Am J Obstet Gynecol* 1994;171:679-84.
170. Rabi Y, Yee W, Chen SY, Singhal N. Oxygen saturation trends immediately after birth. *The Journal of pediatrics* 2006;148:590-4.
171. Gonzales GF, Salirrosas A. Arterial oxygen saturation in healthy newborns delivered at term in Cerro de Pasco (4340 m) and Lima (150 m). *Reprod Biol Endocrinol* 2005;3:46.
172. Smit M, Dawson JA, Ganzeboom A, Hooper SB, van Roosmalen J, te Pas AB. Pulse oximetry in newborns with delayed cord clamping and immediate skin-to-skin contact. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2014;99:F309-14.
173. Wyllie J, Perlman JM, Kattwinkel J, et al. Part 7: Neonatal resuscitation: 2015 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Resuscitation* 2015.
174. Ingimarsson J, Bjorklund LJ, Curstedt T, et al. Incomplete protection by prophylactic surfactant against the adverse effects of large lung inflations at birth in immature lambs. *Intensive care medicine* 2004;30:1446-53.
175. Muscedere JG, Mullen JB, Gan K, Slutsky AS. Tidal ventilation at low airway pressures can augment lung injury. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;149:1327-34.
176. Naik AS, Kallapur SG, Bachurski CJ, et al. Effects of ventilation with different positive end-expiratory pressures on cytokine expression in the preterm lamb lung. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;164:494-8.
177. Polglase GR, Hillman NH, Pillow JJ, et al. Positive end-expiratory pressure and tidal volume during initial ventilation of preterm lambs. *Pediatric research* 2008;64:517-22.
178. Nilsson R, Grossmann G, Robertson B. Bronchiolar epithelial lesions induced in the premature rabbit neonate by short periods of artificial ventilation. *Acta Pathol Microbiol Scand* 1980;88:359-67.
179. Probyn ME, Hooper SB, Dargaville PA, et al. Positive end expiratory pressure during resuscitation of premature lambs rapidly improves blood gases without adversely affecting arterial pressure. *Pediatric research* 2004;56:198-204.

180. te Pas AB, Siew M, Wallace MJ, et al. Establishing functional residual capacity at birth: the effect of sustained inflation and positive end-expiratory pressure in a preterm rabbit model. *Pediatric research* 2009;65:537-41.
181. Dawson JA, Schmolzer GM, Kamlin CO, et al. Oxygenation with T-piece versus self-inflating bag for ventilation of extremely preterm infants at birth: a randomized controlled trial. *The Journal of pediatrics* 2011;158:912-8 e1-2.
182. Szyld E, Aguilar A, Musante GA, et al. Comparison of devices for newborn ventilation in the delivery room. *The Journal of pediatrics* 2014;165:234-9 e3.
183. Allwood AC, Madar RJ, Baumer JH, Readdy L, Wright D. Changes in resuscitation practice at birth. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2003;88:F375-F9.
184. Cole AF, Rolbin SH, Hew EM, Pynn S. An improved ventilator system for delivery-room management of the newborn. *Anesthesiology* 1979;51:356-8.
185. Hoskyns EW, Milner AD, Hopkin IE. A simple method of face mask resuscitation at birth. *Archives of disease in childhood* 1987;62:376-8.
186. Ganga-Zandzou PS, Diependaele JF, Storme L, et al. [Is Ambu ventilation of newborn infants a simple question of finger-touch?]. *Arch Pediatr* 1996;3:1270-2.
187. Oddie S, Wyllie J, Scally A. Use of self-inflating bags for neonatal resuscitation. *Resuscitation* 2005;67:109-12.
188. Finer NN, Rich W, Craft A, Henderson C. Comparison of methods of bag and mask ventilation for neonatal resuscitation. *Resuscitation* 2001;49:299-305.
189. Dawson JA, Gerber A, Kamlin CO, Davis PG, Morley CJ. Providing PEEP during neonatal resuscitation: which device is best? *J Paediatr Child Health* 2011;47:698-703.
190. Roehr CC, Kelm M, Fischer HS, Buhner C, Schmalisch G, Proquitte H. Manual ventilation devices in neonatal resuscitation: tidal volume and positive pressure-provision. *Resuscitation*;81:202-5.
191. Kanter RK. Evaluation of mask-bag ventilation in resuscitation of infants. *Am J Dis Child* 1987;141:761-3.

192. Morley CJ, Dawson JA, Stewart MJ, Hussain F, Davis PG. The effect of a PEEP valve on a Laerdal neonatal self-inflating resuscitation bag. *J Paediatr Child Health* 2010;46:51-6.
193. Bennett S, Finer NN, Rich W, Vaucher Y. A comparison of three neonatal resuscitation devices. *Resuscitation* 2005;67:113-8.
194. Kelm M, Proquitte H, Schmalisch G, Roehr CC. Reliability of two common PEEP-generating devices used in neonatal resuscitation. *Klin Padiatr* 2009;221:415-8.
195. Hartung JC, Schmolzer G, Schmalisch G, Roehr CC. Repeated thermo-sterilisation further affects the reliability of positive end-expiratory pressure valves. *J Paediatr Child Health* 2013;49:741-5.
196. Schmolzer GM, Morley CJ, Wong C, et al. Respiratory function monitor guidance of mask ventilation in the delivery room: a feasibility study. *The Journal of pediatrics* 2012;160:377-81 e2.
197. Kong JY, Rich W, Finer NN, Leone TA. Quantitative end-tidal carbon dioxide monitoring in the delivery room: a randomized controlled trial. *The Journal of pediatrics* 2013;163:104-8 e1.
198. Leone TA, Lange A, Rich W, Finer NN. Disposable colorimetric carbon dioxide detector use as an indicator of a patent airway during noninvasive mask ventilation. *Pediatrics* 2006;118:e202-4.
199. McCarthy LK, Twomey AR, Molloy EJ, Murphy JF, O'Donnell CP. A randomized trial of nasal prong or face mask for respiratory support for preterm newborns. *Pediatrics* 2013;132:e389-95.
200. Kamlin CO, Schilleman K, Dawson JA, et al. Mask versus nasal tube for stabilization of preterm infants at birth: a randomized controlled trial. *Pediatrics* 2013;132:e381-8.
201. Trevisanuto D, Cavallin F, Nguyen LN, et al. Supreme Laryngeal Mask Airway versus Face Mask during Neonatal Resuscitation: A Randomized Controlled Trial. *The Journal of pediatrics* 2015.
202. Esmail N, Saleh M, et al. Laryngeal mask airway versus endotracheal intubation for Apgar score improvement in neonatal resuscitation. *Egyptian Journal of Anesthesiology* 2002;18:115-21.

203. Trevisanuto D, Micaglio M, Pitton M, Magarotto M, Piva D, Zanardo V. Laryngeal mask airway: is the management of neonates requiring positive pressure ventilation at birth changing? *Resuscitation* 2004;62:151-7.
204. Singh R. Controlled trial to evaluate the use of LMA for neonatal resuscitation. *J Anaesth Clin Pharmacol* 2005;21:303-6.
205. Zhu XY, Lin BC, Zhang QS, Ye HM, Yu RJ. A prospective evaluation of the efficacy of the laryngeal mask airway during neonatal resuscitation. *Resuscitation* 2011;82:1405-9.
206. Schmolzer GM, Agarwal M, Kamlin CO, Davis PG. Supraglottic airway devices during neonatal resuscitation: an historical perspective, systematic review and meta-analysis of available clinical trials. *Resuscitation* 2013;84:722-30.
207. Kempley ST, Moreiras JW, Petrone FL. Endotracheal tube length for neonatal intubation. *Resuscitation* 2008;77:369-73.
208. Gill I, O'Donnell CP. Vocal cord guides on neonatal endotracheal tubes. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2014;99:F344.
209. Palme-Kilander C, Tunell R. Pulmonary gas exchange during facemask ventilation immediately after birth. *Archives of disease in childhood* 1993;68:11-6.
210. Aziz HF, Martin JB, Moore JJ. The pediatric disposable end-tidal carbon dioxide detector role in endotracheal intubation in newborns. *Journal of perinatology : official journal of the California Perinatal Association* 1999;19:110-3.
211. Bhende MS, LaCovey D. A note of caution about the continuous use of colorimetric end-tidal CO₂ detectors in children. *Pediatrics* 1995;95:800-1.
212. Repetto JE, Donohue P-CP, Baker SF, Kelly L, Noguee LM. Use of capnography in the delivery room for assessment of endotracheal tube placement. *Journal of perinatology : official journal of the California Perinatal Association* 2001;21:284-7.
213. Roberts WA, Maniscalco WM, Cohen AR, Litman RS, Chhibber A. The use of capnography for recognition of esophageal intubation in the neonatal intensive care unit. *Pediatr Pulmonol* 1995;19:262-8.
214. Hosono S, Inami I, Fujita H, Minato M, Takahashi S, Mugishima H. A role of end-tidal CO₂ monitoring for assessment of tracheal intubations in very low birth weight infants during neonatal resuscitation at birth. *J Perinat Med* 2009;37:79-84.

215. Garey DM, Ward R, Rich W, Heldt G, Leone T, Finer NN. Tidal volume threshold for colorimetric carbon dioxide detectors available for use in neonates. *Pediatrics* 2008;121:e1524-7.
216. Morley CJ, Davis PG, Doyle LW, Brion LP, Hascoet JM, Carlin JB. Nasal CPAP or intubation at birth for very preterm infants. *The New England journal of medicine* 2008;358:700-8.
217. Network SSGotEKSNNR, Finer NN, Carlo WA, et al. Early CPAP versus surfactant in extremely preterm infants. *The New England journal of medicine* 2010;362:1970-9.
218. Dunn MS, Kaempf J, de Klerk A, et al. Randomized trial comparing 3 approaches to the initial respiratory management of preterm neonates. *Pediatrics* 2011;128:e1069-76.
219. Hishikawa K, Goishi K, Fujiwara T, Kaneshige M, Ito Y, Sago H. Pulmonary air leak associated with CPAP at term birth resuscitation. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2015.
220. Poets CF, Rudiger M. Mask CPAP during neonatal transition: too much of a good thing for some term infants? *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2015.
221. Houry PK, Frank LR, Menegazzi JJ, Taylor R. A randomized, controlled trial of two-thumb vs two-finger chest compression in a swine infant model of cardiac arrest [see comment]. *Prehospital emergency care : official journal of the National Association of EMS Physicians and the National Association of State EMS Directors* 1997;1:65-7.
222. David R. Closed chest cardiac massage in the newborn infant. *Pediatrics* 1988;81:552-4.
223. Menegazzi JJ, Auble TE, Nicklas KA, Hosack GM, Rack L, Goode JS. Two-thumb versus two-finger chest compression during CRP in a swine infant model of cardiac arrest. *Annals of emergency medicine* 1993;22:240-3.
224. Thaler MM, Stobie GH. An improved technique of external cardiac compression in infants and young children. *The New England journal of medicine* 1963;269:606-10.
225. Christman C, Hemway RJ, Wyckoff MH, Perlman JM. The two-thumb is superior to the two-finger method for administering chest compressions in a manikin model of neonatal resuscitation. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2011;96:F99-F101.

226. Dellimore K, Heunis S, Gohier F, et al. Development of a diagnostic glove for unobtrusive measurement of chest compression force and depth during neonatal CPR. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2013;2013:350-3.
227. Dorfsman ML, Menegazzi JJ, Wadas RJ, Auble TE. Two-thumb vs two-finger chest compression in an infant model of prolonged cardiopulmonary resuscitation. *Academic emergency medicine : official journal of the Society for Academic Emergency Medicine* 2000;7:1077-82.
228. Martin PS, Kemp AM, Theobald PS, Maguire SA, Jones MD. Do chest compressions during simulated infant CPR comply with international recommendations? *Archives of disease in childhood* 2013;98:576-81.
229. Martin P, Theobald P, Kemp A, Maguire S, Maconochie I, Jones M. Real-time feedback can improve infant manikin cardiopulmonary resuscitation by up to 79%--a randomised controlled trial. *Resuscitation* 2013;84:1125-30.
230. Moya F, James LS, Burnard ED, Hanks EC. Cardiac massage in the newborn infant through the intact chest. *Am J Obstet Gynecol* 1962;84:798-803.
231. Park J, Yoon C, Lee JC, et al. Manikin-integrated digital measuring system for assessment of infant cardiopulmonary resuscitation techniques. *IEEE J Biomed Health Inform* 2014;18:1659-67.
232. Todres ID, Rogers MC. Methods of external cardiac massage in the newborn infant. *The Journal of pediatrics* 1975;86:781-2.
233. Udassi S, Udassi JP, Lamb MA, et al. Two-thumb technique is superior to two-finger technique during lone rescuer infant manikin CPR. *Resuscitation* 2010;81:712-7.
234. Whitelaw CC, Slywka B, Goldsmith LJ. Comparison of a two-finger versus two-thumb method for chest compressions by healthcare providers in an infant mechanical model. *Resuscitation* 2000;43:213-6.
235. Lim JS, Cho Y, Ryu S, et al. Comparison of overlapping (OP) and adjacent thumb positions (AP) for cardiac compressions using the encircling method in infants. *Emergency medicine journal : EMJ* 2013;30:139-42.
236. Orłowski JP. Optimum position for external cardiac compression in infants and young children. *Annals of emergency medicine* 1986;15:667-73.

237. Phillips GW, Zideman DA. Relation of infant heart to sternum: its significance in cardiopulmonary resuscitation. *Lancet* 1986;1:1024-5.
238. Saini SS, Gupta N, Kumar P, Bhalla AK, Kaur H. A comparison of two-fingers technique and two-thumbs encircling hands technique of chest compression in neonates. *Journal of perinatology : official journal of the California Perinatal Association* 2012;32:690-4.
239. You Y. Optimum location for chest compressions during two-rescuer infant cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2009;80:1378-81.
240. Meyer A, Nadkarni V, Pollock A, et al. Evaluation of the Neonatal Resuscitation Program's recommended chest compression depth using computerized tomography imaging. *Resuscitation* 2010;81:544-8.
241. Dannevig I, Solevag AL, Saugstad OD, Nakstad B. Lung Injury in Asphyxiated Newborn Pigs Resuscitated from Cardiac Arrest - The Impact of Supplementary Oxygen, Longer Ventilation Intervals and Chest Compressions at Different Compression-to-Ventilation Ratios. *The open respiratory medicine journal* 2012;6:89-96.
242. Dannevig I, Solevag AL, Sonerud T, Saugstad OD, Nakstad B. Brain inflammation induced by severe asphyxia in newborn pigs and the impact of alternative resuscitation strategies on the newborn central nervous system. *Pediatric research* 2013;73:163-70.
243. Hemway RJ, Christman C, Perlman J. The 3:1 is superior to a 15:2 ratio in a newborn manikin model in terms of quality of chest compressions and number of ventilations. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2013;98:F42-5.
244. Solevag AL, Dannevig I, Wyckoff M, Saugstad OD, Nakstad B. Extended series of cardiac compressions during CPR in a swine model of perinatal asphyxia. *Resuscitation* 2010;81:1571-6.
245. Solevag AL, Dannevig I, Wyckoff M, Saugstad OD, Nakstad B. Return of spontaneous circulation with a compression:ventilation ratio of 15:2 versus 3:1 in newborn pigs with cardiac arrest due to asphyxia. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2011;96:F417-21.
246. Solevag AL, Madland JM, Gjaerum E, Nakstad B. Minute ventilation at different compression to ventilation ratios, different ventilation rates, and continuous chest compressions with asynchronous ventilation in a newborn manikin. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine* 2012;20:73.

247. Dean JM, Koehler RC, Schleien CL, et al. Improved blood flow during prolonged cardiopulmonary resuscitation with 30% duty cycle in infant pigs. *Circulation* 1991;84:896-904.
248. Berkowitz ID, Chantarojanasiri T, Koehler RC, et al. Blood flow during cardiopulmonary resuscitation with simultaneous compression and ventilation in infant pigs. *Pediatric research* 1989;26:558-64.
249. Linner R, Werner O, Perez-de-Sa V, Cunha-Goncalves D. Circulatory recovery is as fast with air ventilation as with 100% oxygen after asphyxia-induced cardiac arrest in piglets. *Pediatric research* 2009;66:391-4.
250. Lipinski CA, Hicks SD, Callaway CW. Normoxic ventilation during resuscitation and outcome from asphyxial cardiac arrest in rats. *Resuscitation* 1999;42:221-9.
251. Perez-de-Sa V, Cunha-Goncalves D, Nordh A, et al. High brain tissue oxygen tension during ventilation with 100% oxygen after fetal asphyxia in newborn sheep. *Pediatric research* 2009;65:57-61.
252. Solevag AL, Dannevig I, Nakstad B, Saugstad OD. Resuscitation of severely asphyctic newborn pigs with cardiac arrest by using 21% or 100% oxygen. *Neonatology* 2010;98:64-72.
253. Temesvari P, Karg E, Bodi I, et al. Impaired early neurologic outcome in newborn piglets reoxygenated with 100% oxygen compared with room air after pneumothorax-induced asphyxia. *Pediatric research* 2001;49:812-9.
254. Walson KH, Tang M, Glumac A, et al. Normoxic versus hyperoxic resuscitation in pediatric asphyxial cardiac arrest: effects on oxidative stress. *Critical care medicine* 2011;39:335-43.
255. Yeh ST, Cawley RJ, Aune SE, Angelos MG. Oxygen requirement during cardiopulmonary resuscitation (CPR) to effect return of spontaneous circulation. *Resuscitation* 2009;80:951-5.
256. Berg RA, Henry C, Otto CW, et al. Initial end-tidal CO₂ is markedly elevated during cardiopulmonary resuscitation after asphyxial cardiac arrest. *Pediatric emergency care* 1996;12:245-8.

257. Bhende MS, Karasic DG, Menegazzi JJ. Evaluation of an end-tidal CO₂ detector during cardiopulmonary resuscitation in a canine model for pediatric cardiac arrest. *Pediatric emergency care* 1995;11:365-8.
258. Bhende MS, Thompson AE. Evaluation of an end-tidal CO₂ detector during pediatric cardiopulmonary resuscitation. *Pediatrics* 1995;95:395-9.
259. Bhende MS, Karasic DG, Karasic RB. End-tidal carbon dioxide changes during cardiopulmonary resuscitation after experimental asphyxial cardiac arrest. *Am J Emerg Med* 1996;14:349-50.
260. Chalak LF, Barber CA, Hynan L, Garcia D, Christie L, Wyckoff MH. End-tidal CO₂ detection of an audible heart rate during neonatal cardiopulmonary resuscitation after asystole in asphyxiated piglets. *Pediatric research* 2011;69:401-5.
261. Crespo SG, Schoffstall JM, Fuhs LR, Spivey WH. Comparison of two doses of endotracheal epinephrine in a cardiac arrest model. *Annals of emergency medicine* 1991;20:230-4.
262. Jasani MS, Nadkarni VM, Finkelstein MS, Mandell GA, Salzman SK, Norman ME. Effects of different techniques of endotracheal epinephrine administration in pediatric porcine hypoxic-hypercarbic cardiopulmonary arrest. *Critical care medicine* 1994;22:1174-80.
263. Mielke LL, Frank C, Lanzinger MJ, et al. Plasma catecholamine levels following tracheal and intravenous epinephrine administration in swine. *Resuscitation* 1998;36:187-92.
264. Roberts JR, Greenberg MI, Knaub MA, Kendrick ZV, Baskin SI. Blood levels following intravenous and endotracheal epinephrine administration. *JACEP* 1979;8:53-6.
265. Hornchen U, Schuttler J, Stoeckel H, Eichelkraut W, Hahn N. Endobronchial instillation of epinephrine during cardiopulmonary resuscitation. *Critical care medicine* 1987;15:1037-9.
266. Wyckoff MH, Perlman JM, Laptook AR. Use of volume expansion during delivery room resuscitation in near-term and term infants. *Pediatrics* 2005;115:950-5.
267. Harrington DJ, Redman CW, Moulden M, Greenwood CE. The long-term outcome in surviving infants with Apgar zero at 10 minutes: a systematic review of the literature and hospital-based cohort. *Am J Obstet Gynecol* 2007;196:463 e1-5.

268. Lee SK, Penner PL, Cox M. Comparison of the attitudes of health care professionals and parents toward active treatment of very low birth weight infants. *Pediatrics* 1991;88:110-4.
269. Kopelman LM, Irons TG, Kopelman AE. Neonatologists judge the "Baby Doe" regulations. *The New England journal of medicine* 1988;318:677-83.
270. Sanders MR, Donohue PK, Oberdorf MA, Rosenkrantz TS, Allen MC. Perceptions of the limit of viability: neonatologists' attitudes toward extremely preterm infants. *Journal of perinatology : official journal of the California Perinatal Association* 1995;15:494-502.
271. Rysavy MA, Li L, Bell EF, et al. Between-hospital variation in treatment and outcomes in extremely preterm infants. *The New England journal of medicine* 2015;372:1801-11.
272. Patel H, Beeby PJ. Resuscitation beyond 10 minutes of term babies born without signs of life. *J Paediatr Child Health* 2004;40:136-8.
273. Casalaz DM, Marlow N, Speidel BD. Outcome of resuscitation following unexpected apparent stillbirth. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 1998;78:F112-F5.
274. Kasdorf E, Laptok A, Azzopardi D, Jacobs S, Perlman JM. Improving infant outcome with a 10 min Apgar of 0. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2015;100:F102-5.
275. Laptok AR, Shankaran S, Ambalavanan N, et al. Outcome of term infants using apgar scores at 10 minutes following hypoxic-ischemic encephalopathy. *Pediatrics* 2009;124:1619-26.
276. Sarkar S, Bhagat I, Dechert RE, Barks JD. Predicting death despite therapeutic hypothermia in infants with hypoxic-ischaemic encephalopathy. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2010;95:F423-8.
277. Bottoms SF, Paul RH, Mercer BM, et al. Obstetric determinants of neonatal survival: antenatal predictors of neonatal survival and morbidity in extremely low birth weight infants. *Am J Obstet Gynecol* 1999;180:665-9.
278. Ambalavanan N, Carlo WA, Bobashev G, et al. Prediction of death for extremely low birth weight neonates. *Pediatrics* 2005;116:1367-73.
279. Manktelow BN, Seaton SE, Field DJ, Draper ES. Population-based estimates of in-unit survival for very preterm infants. *Pediatrics* 2013;131:e425-32.

280. Medlock S, Ravelli AC, Tamminga P, Mol BW, Abu-Hanna A. Prediction of mortality in very premature infants: a systematic review of prediction models. *PLoS one* 2011;6:e23441.
281. Tyson JE, Parikh NA, Langer J, et al. Intensive care for extreme prematurity--moving beyond gestational age. *The New England journal of medicine* 2008;358:1672-81.
282. Marlow N, Bennett C, Draper ES, Hennessy EM, Morgan AS, Costeloe KL. Perinatal outcomes for extremely preterm babies in relation to place of birth in England: the EPICure 2 study. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2014;99:F181-8.
283. Nuffield Council on Bioethics. *Critical care decisions in fetal and neonatal medicine: ethical issues*. ISBN 1 904384 14 2006.
284. Swamy R, Mohapatra S, Bythell M, Embleton ND. Survival in infants live born at less than 24 weeks' gestation: the hidden morbidity of non-survivors. *Archives of disease in childhood Fetal and neonatal edition* 2010.
285. Baskett PJ, Steen PA, Bossaert L. European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. Section 8. The ethics of resuscitation and end-of-life decisions. *Resuscitation* 2005;67 Suppl 1:S171-80.
286. Fulbrook P, Latour J, Albarran J, et al. The presence of family members during cardiopulmonary resuscitation: European federation of Critical Care Nursing associations, European Society of Paediatric and Neonatal Intensive Care and European Society of Cardiology Council on Cardiovascular Nursing and Allied Professions Joint Position Statement. *Eur J Cardiovasc Nurs* 2007;6:255-8.
287. Brambrink AM, Ichord RN, Martin LJ, Koehler RC, Traystman RJ. Poor outcome after hypoxia-ischemia in newborns is associated with physiological abnormalities during early recovery. Possible relevance to secondary brain injury after head trauma in infants. *Exp Toxicol Pathol* 1999;51:151-62.
288. Vannucci RC, Vannucci SJ. Cerebral carbohydrate metabolism during hypoglycemia and anoxia in newborn rats. *Ann Neurol* 1978;4:73-9.
289. Yager JY, Heitjan DF, Towfighi J, Vannucci RC. Effect of insulin-induced and fasting hypoglycemia on perinatal hypoxic-ischemic brain damage. *Pediatric research* 1992;31:138-42.
290. Salhab WA, Wyckoff MH, Laptook AR, Perlman JM. Initial hypoglycemia and neonatal brain injury in term infants with severe fetal acidemia. *Pediatrics* 2004;114:361-6.

291. Kent TA, Soukup VM, Fabian RH. Heterogeneity affecting outcome from acute stroke therapy: making reperfusion worse. *Stroke* 2001;32:2318-27.
292. Srinivasan V, Spinella PC, Drott HR, Roth CL, Helfaer MA, Nadkarni V. Association of timing, duration, and intensity of hyperglycemia with intensive care unit mortality in critically ill children. *Pediatric critical care medicine : a journal of the Society of Critical Care Medicine and the World Federation of Pediatric Intensive and Critical Care Societies* 2004;5:329-36.
293. Klein GW, Hojsak JM, Schmeidler J, Rapaport R. Hyperglycemia and outcome in the pediatric intensive care unit. *The Journal of pediatrics* 2008;153:379-84.
294. LeBlanc MH, Huang M, Patel D, Smith EE, Devidas M. Glucose given after hypoxic ischemia does not affect brain injury in piglets. *Stroke* 1994;25:1443-7; discussion 8.
295. Hattori H, Wasterlain CG. Posthypoxic glucose supplement reduces hypoxic-ischemic brain damage in the neonatal rat. *Ann Neurol* 1990;28:122-8.
296. Edwards AD, Brocklehurst P, Gunn AJ, et al. Neurological outcomes at 18 months of age after moderate hypothermia for perinatal hypoxic ischaemic encephalopathy: synthesis and meta-analysis of trial data. *Bmj* 2010;340:c363.
297. Gluckman PD, Wyatt JS, Azzopardi D, et al. Selective head cooling with mild systemic hypothermia after neonatal encephalopathy: multicentre randomised trial. *Lancet* 2005;365:663-70.
298. Shankaran S, Laptook AR, Ehrenkranz RA, et al. Whole-body hypothermia for neonates with hypoxic-ischemic encephalopathy. *The New England journal of medicine* 2005;353:1574-84.
299. Azzopardi DV, Strohm B, Edwards AD, et al. Moderate hypothermia to treat perinatal asphyxial encephalopathy. *The New England journal of medicine* 2009;361:1349-58.
300. Eicher DJ, Wagner CL, Katikaneni LP, et al. Moderate hypothermia in neonatal encephalopathy: efficacy outcomes. *Pediatr Neurol* 2005;32:11-7.
301. Azzopardi D, Strohm B, Marlow N, et al. Effects of hypothermia for perinatal asphyxia on childhood outcomes. *The New England journal of medicine* 2014;371:140-9.
302. Iliodromiti S, Mackay DF, Smith GC, Pell JP, Nelson SM. Apgar score and the risk of cause-specific infant mortality: a population-based cohort study. *Lancet* 2014;384:1749-55.

303. Rudiger M, Braun N, Aranda J, et al. Neonatal assessment in the delivery room--Trial to Evaluate a Specified Type of Apgar (TEST-Apgar). *BMC pediatrics* 2015;15:18.
304. Dalili H, Nili F, Sheikh M, Hardani AK, Shariat M, Nayeri F. Comparison of the four proposed Apgar scoring systems in the assessment of birth asphyxia and adverse early neurologic outcomes. *PloS one* 2015;10:e0122116.
305. Savoldelli GL, Naik VN, Park J, Joo HS, Chow R, Hamstra SJ. Value of debriefing during simulated crisis management: oral versus video-assisted oral feedback. *Anesthesiology* 2006;105:279-85.
306. Edelson DP, Litzinger B, Arora V, et al. Improving in-hospital cardiac arrest process and outcomes with performance debriefing. *Archives of internal medicine* 2008;168:1063-9.
307. DeVita MA, Schaefer J, Lutz J, Wang H, Dongilli T. Improving medical emergency team (MET) performance using a novel curriculum and a computerized human patient simulator. *Qual Saf Health Care* 2005;14:326-31.
308. Wayne DB, Butter J, Siddall VJ, et al. Simulation-based training of internal medicine residents in advanced cardiac life support protocols: a randomized trial. *Teach Learn Med* 2005;17:210-6.
309. Clay AS, Que L, Petrusa ER, Sebastian M, Govert J. Debriefing in the intensive care unit: a feedback tool to facilitate bedside teaching. *Critical care medicine* 2007;35:738-54.
310. Blum RH, Raemer DB, Carroll JS, Dufresne RL, Cooper JB. A method for measuring the effectiveness of simulation-based team training for improving communication skills. *Anesthesia and analgesia* 2005;100:1375-80, table of contents.
311. Rudiger M, Braun N, Gurth H, Bergert R, Dinger J. Preterm resuscitation I: clinical approaches to improve management in delivery room. *Early Hum Dev* 2011;87:749-53.
312. Schmid MB, Reister F, Mayer B, Hopfner RJ, Fuchs H, Hummler HD. Prospective risk factor monitoring reduces intracranial hemorrhage rates in preterm infants. *Dtsch Arztebl Int* 2013;110:489-96.

