

Redaktion

W. Dick, Mainz
 K.-W. Jauch, München
 T. Nicolai, München
 H.-R. Arntz, Berlin

K. Markstaller^{1,2} · B. Eberle¹ · W. F. Dick²

¹ Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie, Inselspital, Universität Bern

² Klinik für Anästhesiologie, Johannes Gutenberg-Universität, Mainz

Kardiopulmonale Reanimation „oben ohne“

Mode oder Wissenschaft?

Im Jahr 1999 wurde unter dem Leitthema „Kardiopulmonale Reanimation „oben ohne““ in dieser Zeitschrift der damalige Stand des Wissens zum Stellenwert der Initialbeatmung bei Reanimation referiert und kommentiert [20]. Die Diskussion der offensichtlich unkonventionell und innovativ erscheinenden „Airway, circulation, breathing“ - ACB- oder gar „Circulation, airway, breathing“ - CAB-Varianten des altehrwürdigen Ersthilfekronyms wurde auch international recht enthusiastisch geführt. Sie fand im Vorfeld der Ausarbeitung der Leitlinien des International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) statt, die dann im Jahr 2000 gemeinsam von der American Heart Association (AHA), dem European Resuscitation Council (ERC) und ihren internationalen Partnerorganisationen publiziert wurden [1, 47].

Der Leitartikel des „Anästhesisten“ kam seinerzeit zu dem Schluss, dass die Evidenz für eine definitive Empfehlung zur Unterlassung der Beatmung im Rahmen von Erstmaßnahmen beim Herzkreislaufstillstand nicht ausreiche.

Als unmittelbare Konsequenz der damaligen Datenlage zur Beatmung bei kardiopulmonaler Reanimation (CPR) ging dabei in die ILCOR-Leitlinien ein, dass bei einer F_iO_2 von mehr als 0,4 das Tidalvolumen von 1.000 ml auf 500 ml reduziert werden könne. Im Falle einer Ablehnung oder Unkenntnis der Mund-zu-Mund-Beatmung wurden alleinige Thoraxkompressionen bereits zu diesem Zeitpunkt als Al-

ternative zur Standardreanimation aufgenommen.

Wie haben sich nach mittlerweile 5 Jahren Daten und Diskussion zu diesem Thema weiterentwickelt? In der folgenden Übersicht gehen wir dieser Frage nach.

Bis 1999 gab es mehrere Publikationen, die ein Unterlassen der Beatmung bei Herzkreislaufstillstand und CPR propagierten. Hauptargument war eine einfachere Instruktion der Laienhelfer, sei es im Rahmen der sog. Telefonreanimation oder von Trainingskursen [9, 10, 11]. Kern geht in einem Review von der Annahme aus, dass im Blut zumindest während der ersten 10 min nach Kreislaufstillstand ausreichend Sauerstoff zur Verfügung stünde, der lediglich verteilt werden müsse [31].

Dem standen Bedenken anderer Autoren entgegen, dass die bereits im Prodromalstadium eines Kreislaufstillstands (z. B. Stenokardie, hämodynamisch wirksame Arrhythmie, Dyspnoe) klinisch manifest reduzierte Sauerstoffversorgung der vitalen Organe noch weiter beeinträchtigt werden könnte, mit Konsequenzen für das ohnehin schlechte Outcome bei CPR [20, 41].

Ist die Beatmung durch den Laienhelfer unnötig oder gar nachteilig?

In der Analyse der damaligen wie der seither publizierten Informationen wird sehr schnell deutlich, dass es möglicherweise keine simple Ja-/Nein-Antwort auf die Fra-

ge nach dem Stellenwert einer initialen Beatmung bei Herzkreislaufstillstand und CPR gibt. Randbedingungen, wie Pathophysiologie des Kreislaufstillstandes, Ausbildung des Ersthelfers, Charakteristik des lokalen Rettungssystems, Methoden der Atemwegssicherung, Technik von Ventilation und Kompression etc., spielen offenbar bislang unterschätzte Rollen.

Der Diskussion um die initiale Atemspende liegt die Beobachtung zugrunde, dass nur ein viel zu geringer Prozentsatz der Bevölkerung bereit zu sein scheint, bei einem beobachteten Kreislaufstillstand erste Hilfe zu leisten [16]. Insbesondere die Angst vor einer „Human-immunodeficiency-virus- (HIV-)Infektion“ durch Mund-zu-Mund-Beatmung unbekannter Kollapsopfer wurde zunächst hierfür verantwortlich gemacht. Dass schon diese Annahme nicht unbedingt der Realität entspricht, zeigt eine Untersuchung aus Boston, die eine weit höhere Ersthilferate fand, wenn sich Helfer und Opfer nicht persönlich kannten (46%), als wenn Freunde oder Familienangehörige Zeuge des Kollapsereignisses waren (16%) [17].

Nichtsdestoweniger wurde in den vergangenen Jahren die Infektionsangst als gewichtiges Argument dafür ins Feld geführt, auf eine Beatmung während der ersten Minuten einer CPR gänzlich zu verzichten und Laien lediglich in der Durchführung der Thoraxkompression zu unterrichten [3, 4]. Andere Vorteile dieses Vorgehens lassen sich allerdings nicht einfach von der Hand weisen: Die Laienausbil-

Notfall & Rettungsmedizin 2005 · 8:87–95
DOI 10.1007/s10049-005-0717-7
© Springer Medizin Verlag 2005

K. Markstaller · B. Eberle · W. F. Dick

Kardiopulmonale Reanimation „oben ohne“. Mode oder Wissenschaft?

Zusammenfassung

Eine Dekade nach Beginn der Diskussion, ob die Beatmung durch Laienreanimation in den ersten Minuten verzichtbar sei, wird der Informationsstand zum Thema aktualisiert und kommentiert. Tierexperimente und eine prospektive randomisierte Patientenstudie hatten zunächst nahe gelegt, dass eine Beatmung unter diesen Umständen ohne Folgen für das individuelle Outcome unterbleiben könne. Die Analyse der neueren Literatur jedoch zeigt, dass Thoraxkompressionen ohne Beatmung der standardmäßigen kardiopulmonalen Reanimation („cardiopulmonary resuscitation“, CPR) in keinem Fall überlegen sind, und nur in sehr speziellen Szenarien gleichwertig sein könnten. Anstatt bewährte Bausteine der

„Basic-life-support-“ (BLS-) Ausbildung und -Praxis in Frage zu stellen, sollte eine weitere Verbesserung der Ausbildung von Laien und professionellen Rettern angestrebt werden, sowie die durch Leitstellenpersonal geführte Telefon-CPR evaluiert und, bei Nachweis einer Verbesserung des Outcomes, diese auch forciert eingesetzt werden. Zukünftige Studien sollten sich weniger auf die Abschaffung als auf die Optimierung der Beatmung unter den spezifischen Bedingungen der CPR konzentrieren.

Schlüsselwörter

Kardiopulmonale Reanimation · Basic-life-support · Beatmung · Laienreanimation

“Topless“ cardiopulmonary resuscitation. Fashion or science?

Abstract

A decade after the onset of a discussion whether ventilation could be omitted from bystander basic life support (BLS) algorithms, the state of the evidence is reevaluated. Initial animal studies and a prospective randomized patient trial had suggested that omission of ventilation during the first minutes of lay cardiopulmonary resuscitation (CPR) did not impair patient outcomes. More recent studies demonstrate, however, that this may hold true only in very specific scenarios, and that the chest compression-only technique was never superior to standard BLS. Instead of calling basics of BLS training and practice in-

to question, more and better training of lay persons and professionals appears mandatory, and targeted use of dispatcher-guided telephone CPR should be evaluated and, if it improves outcome, it should be encouraged. Future studies should focus much less on the omission but on the optimization of ventilation under the specific conditions of CPR.

Keywords

Cardiopulmonary resuscitation · Basic life support · Mechanical ventilation · Bystander

derung mit einer alleinigen Thoraxkompression ließe sich wesentlich vereinfachen [3], und die Zeit bis zum Wiedereinsetzen eines myokardialen und zerebralen Mikrokreislaufs könnte verkürzt werden.

So hatte die Belgian Cerebral Resuscitation Study Group bereits 1989 bei Analyse der Daten ihres Registers bei Laienersthilfe im Sinne einer kompletten CPR 16% Überlebende gefunden, aber immerhin auch 15% nach alleiniger Thoraxkompression [15]. Vier Jahre danach aktualisierte die belgische Gruppe allerdings diese Beobachtung noch einmal [28] und beschrieb nun 885 Patienten ihres Registers mit Laienreanimation nach außerklinischem Kreislaufstillstand. Von diesen hatten 52% korrekte und komplette Erstmaßnahmen erhalten, 31% hingegen nur Thoraxkompressionen. Trotz vergleichbarer Häufigkeit von Kammerflimmern (45% vs. 43%) im initialen Elektrokardiogramm (EKG) dieser beiden Kollektive fand sich nun eine Langzeitüberlebensrate (nach 14 Tage nach CPR) in der Gruppe mit korrekter und kompletter Ersthelferanimation von 16%, in der Gruppe mit alleiniger Thoraxkompression jedoch nur von 10%.

Trotz der neueren, 1993 publizierten Ergebnisse referiert Kern in seinem Review [31] nur die älteren Daten des belgischen CPR-Registers, um eine Äquivalenz der beiden Vorgehensweisen zu postulieren.

Bis 2000 hatten allerdings auch tierexperimentelle Studien stattgefunden, die die Folgen einer „Nichtbeatmung“ für das Reanimationsergebnis an Schweinen mit induziertem Kammerflimmern untersuchten. Dabei zeigte sich zunächst kein Unterschied hinsichtlich des Wiedereinsetzens eines spontanen Kreislaufs, ob nun die Tiere in den ersten Minuten der CPR ventiliert wurden oder nicht [10, 11]. Vergleichbare Experimente derselben Gruppe in einem Schweinemodell mit primär asphyktisch induziertem Kreislaufstillstand hingegen konnten dies nicht mehr reproduzieren: Überlebensrate und neurologische Erholung waren eindeutig schlechter bei den zunächst 8 min lang ohne Beatmung reanimierten Tieren als bei den sofort mit Thoraxkompressionen und Beatmung behandelten Tieren [13].

Solche Ergebnisse aus ein- und derselben Arbeitsgruppe machten bereits deutlich, dass die Unterlassung der Beatmung

Hier steht eine Anzeige
This is an advertisement

Tabelle 1

Krankenhausentlassrate und Krankenhausaufnahmerate von 520 Patienten, die entweder eine Standard-CPR („Thoraxkompression plus Mund-zu-Mund-Beatmung“) oder alleinige Thoraxkompressionen während Ersthelfermaßnahmen erhielten. (Aus Hallstrom et al. [25])

Ergebnisse	Thoraxkompression plus Mund-zu-Mund-Beatmung Anzahl/absolute Anzahl (%)	Thoraxkompression allein	P-Wert	Differenz (95%-CI)
Lebend entlassen (primäres Outcome)	29/278 (10,4)	35/240 (14,6)	0,18	4,2 (-1,5–9,8)
Stationäre Aufnahme	95/279 (34,1)	97/241 (40,2)	0,15	6,1 (-21,-15,0)

Es zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen bei einem tendenziell höheren Überleben in der Gruppe, die nicht beatmet wurde. CI Konfidenzintervall

durch den Ersthelfer je nach Ätiologie des Kreislaufstillstands entweder gleichwertig ist (Kammerflimmern) oder aber ein schlechteres Outcome nach sich zieht (Asphyxie) [8, 12, 13]. Doch selbst im Modell des Kammerflimmerns zeigen spätere Untersuchungen dann eine schlechtere Defibrillierbarkeit bei Tieren, die gar nicht ventilert wurden, wenn sie (als Simulation von Ersthelfermaßnahmen) inspiratorische Gaskonzentrationen erhielten, wie sie bei Mund-zu-Mund-Beatmung zu erwarten sind (17% Sauerstoff, 4% Kohlendioxid) [23].

Bereits gleichzeitig mit der tierexperimentellen Evaluation der neuen Idee wurde eine prospektiv randomisierte Studie an Patienten im Emergency Medical System von Seattle, Washington, initiiert [25]. Sie untersuchte das Outcome nach Laienreanimationen, die per Telefonanweisung aus der Rettungsleitstelle randomisiert entweder mit oder ohne Beatmung durchgeführt worden waren. Die Ergebnisse ließen den Schluss zu, dass die Unterlassung der Beatmung unter diesen Umständen zumindest keine negativen Auswirkungen auf das Überleben hatte (Entlassungsraten: 14,6% nach Laienreanimation ohne Beatmung, 10,4% nach Standard-CPR; $p=0,18$; **■ Tabelle 1**).

Bemerkenswert an der Seattle-Studie waren folgende Tatsachen: Die Instruktion zur Standard-CPR dauerte durchschnittlich 1,4 min länger als die Instruktion zur alleinigen Thoraxkompressionen.

Die Zeit bis zum Eintreffen professioneller Retter betrug, wie für Seattle zu erwarten, nur etwa 4 min. Folge war, dass bei 13% der Patienten der Gruppe mit Instruktion zur alleinigen Thoraxkompression, aber bei 26% der Patienten, deren Ersthelfer Standardinstruktionen erhielten, die professionellen Retter schon eintrafen, während die Ersthelfer noch mit der Rettungsleitstelle telefonierten.

Während des Telefonats fanden aber vermutlich noch keine aktiven und suffizienten Reanimationsbemühungen von Seiten der Laien statt. Als Begründung für den (nichtsignifikanten) Trend zu besseren Überlebensraten in der Gruppe mit alleiniger Thoraxkompressionen liegt deshalb die kürzere Instruktionszeit auf der Hand: Lieber kurz telefonieren und lange reanimieren als umgekehrt. Dass die Beatmung durch einen ausgebildeten, nicht auf Telefoninstruktion angewiesenen Laienhelfer aus physiologischen Gründen unnötig oder nachteilig sei, beweist die Studie keineswegs. Die Tierexperimente sprechen dagegen.

Blutfluss, Beatmung oder Nichtbeatmung: Wechselwirkungen unter Reanimation

Häufig außer Acht gelassene Aspekte in Untersuchungen zur Beatmung während CPR sind die Einflüsse der Überdruckbeatmung bzw. ihrer Unterlassung, sowie einer Atemwegsobstruktion bzw. offener Atemwege auf die Hämodynamik.

Kern et al. führten in einer tierexperimentellen Studie Thoraxkompressionen mit abgeklemmtem Endotrachealtubus durch [32]. Tiere mit abgeklemmtem Tubus hatten zwar niedrigere p_aO_2 - und erhöhte pCO_2 -Werte als unter Standard-CPR, andererseits hatten sie dafür höhere Koronarperfusionsdrücke. Die Überlebensraten der Gruppen in Kerns Studie unterschieden sich dementsprechend auch nicht. Bei Thoraxkompressionen mit abgeklemmtem Tubus wird nicht nur Ein- und Ausstrom von Atemgas verhindert, es kommt dabei auch zu hohen intrapulmonalen Drücken. An sich ist das Prinzip bereits seit den Publikationen zur „Hustenreanimation“ bekannt: Während Kammerflimmerns kann durch Hustenstöße eine Minimalzirkulation über ca. 100 s aufrechterhalten werden [19, 26]. Auch ein durch zyklische externe Thoraxkompressionen erzeugter positiver Atemwegsdruck kann so einen antegraden Blutfluss von den pulmonalen Gefäßen durch das linke Herz in die Aorta unterstützen [43]. Kerns Modell der Thoraxkompression mit abgeklemmtem Tubus [32] ist mit der Situation eines nichtintubierten Patienten während einer Ersthelferanimation in keiner Weise vergleichbar.

Realitätsnäher als dieses Protokoll ist ein Ersthelferszenario von Thoraxkompressionen ohne Ventilation, aber mit unbehinderten Atemwegen. Hier belegen einige neuere Arbeiten die direkten, keineswegs nur günstigen Effekte der Thoraxkompressionen auf die Lungen: Eine Untersuchung am Rattenmodell zeigte, dass Tiere, die ohne Ventilation reanimiert wurden, nach einer 20-minütigen CPR einen signifikant höheren Lungenwassergehalt aufwiesen als Tiere, bei denen die Bewegung von Atemgas ermöglicht wurde [30].

Mit einer neuen radiologischen Technik, der dynamischen Computertomographie, konnte ferner die Entstehung von Atelektasen während Herzkreislaufstillstand und CPR unter verschiedenen Beatmungstechniken nicht nur nachgewiesen, sondern auch quantifiziert werden [37, 38]. Bei Tieren, die während BLS-Maßnahmen nicht ventilert wurden, ließ sich eine rasche und dramatische Zunahme von Atelektasen nachweisen. Nach 3-min-Thoraxkompression ohne Ventilation betrug der Anteil an elektatischer Alveolarfläche am gesamten

Lungenquerschnitt 48% [38]. Den Zustand nach etwa 8 min zeigt **Abb. 1a** (Atelektaseanteil: 73%) [37]. Die entsprechenden Atelektaseanteile waren in einer volumenkonstant beatmeten Kontrollgruppe (Standard-CPR) signifikant geringer (nach 3-min-BLS 18%; nach 8 min 39%; **Abb. 1b**). Die Atelektasenzunahme bei Unterlassen der volumenkonstanten Beatmung wirkte sich nicht nur nachteilig auf den pulmonalen Gasaustausch aus; der reduzierte intrapulmonale Druck beeinträchtigte auch den koronaren Perfusionsdruck der nichtventilierten Tiere unter Reanimation [38].

Thoraxkompressions/Ventilations-Verhältnis: Wie fundiert sind die derzeitigen Empfehlungen?

Die im Jahre 2000 publizierten internationalen Leitlinien der AHA und des ERC empfehlen während Ersthelfermaßnahmen ein Verhältnis von Thoraxkompressionen zu Beatmung von 15:2, unabhängig von der Anzahl der Helfer.

Da möglichst lange Perioden ununterbrochener Thoraxkompressionszyklen Vorteile für die Durchblutung vitaler Organe erwarten lassen, wurden Untersuchungen mit verschiedenen Kompressions/Ventilations-Verhältnissen durchgeführt. Ein wesentlicher Teil der zu diesem Thema publizierten Arbeiten basiert allerdings auf Studien an Reanimationsphantomen. Es erstaunt nicht, dass Anzahl und Kontinuität der Thoraxkompressionen bei niedrigerer Ventilationsfrequenz zunahmten [21, 33]. Auch eine Monte-Carlo-Simulation verschiedener Thoraxkompressions/Ventilations-Verhältnisse sagte einen höheren Blutfluss bei geringerer Beatmungsfrequenz voraus, mit einem Optimum zwischen 30:2 und 60:2 [7, 45].

Die praktische Kehrseite wurde aber auch bereits beleuchtet: Eine Studie mit Rettungsdienstpersonal zeigte bei einem Thoraxkompressions/Ventilations-Verhältnis von 15:2 eine qualitativ deutlich schlechtere Durchführung der Thoraxkompressionen als bei 5:1. Trotz etwas geringerer Kompressionsfrequenz waren Lokalisation, Kompressionstiefe und Relaxation bei einem Thoraxkompressions/Ventilations-Verhältnis von 5:1 signifikant häufiger korrekt [24].

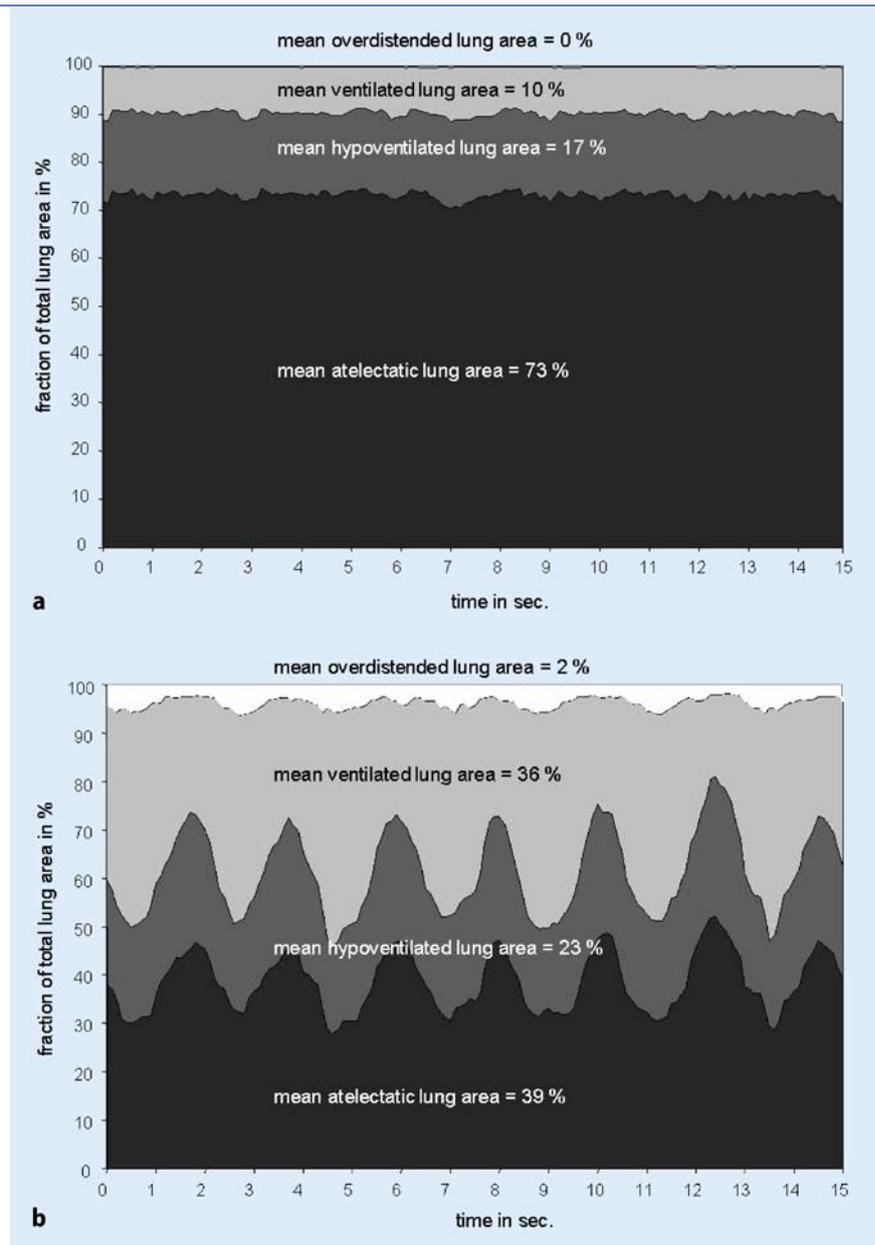


Abb. 1 ▲ Anteilige Atelektasenfläche, minderbelüftete Lungenfläche, gut ventilierte Lungenfläche und überblähte Lungenfläche über 15 s einer CPR-Sequenz am Schweinemodell: a Alleinige Thoraxkompressionen (bei offenem Endotrachealtubus) zeigen einen hohen Atelektasenanteil von über 70% der Gesamtlungenfläche. b Es zeigen sich ein zyklischer Kollaps und Wiedereröffnen von Lungengewebe bei konventioneller volumenkonstanter Beatmung während CPR (aus Markstaller et al. [37])

Auch Tierexperimente klärten bisher diese Kontroverse nicht. Die Arbeitsgruppe um Berg fand bei Schweinen ein besseres neurologisches Outcome 24 h nach erfolgreicher CPR, wenn während einer 12-minütigen Phase gar nicht ventiliert wurde [14] bzw. wenn Thoraxkompressionen und Ventilation im Verhältnis 100:2 durchgeführt wurden [42]. Die Autoren führen dies auf die ununterbrochenen und deshalb effektiveren Thoraxkompressionen

zurück. Dorph et al. hingegen wiesen im gleichen Tiermodell eine bessere O₂-Abgabe an das Gehirn und bessere Blutgaswerte bei einem Verhältnis von 15:2 im Vergleich zu Beatmungsfrequenzen von 50:2 und 50:5 nach [22].

Einen interessanten Beitrag erbrachten schließlich Aufderheide et al.: Sie dokumentierten bei 13 kardiopulmonalen Reanimationen durch professionelles Rettungsdienstpersonal an Notfallpatienten

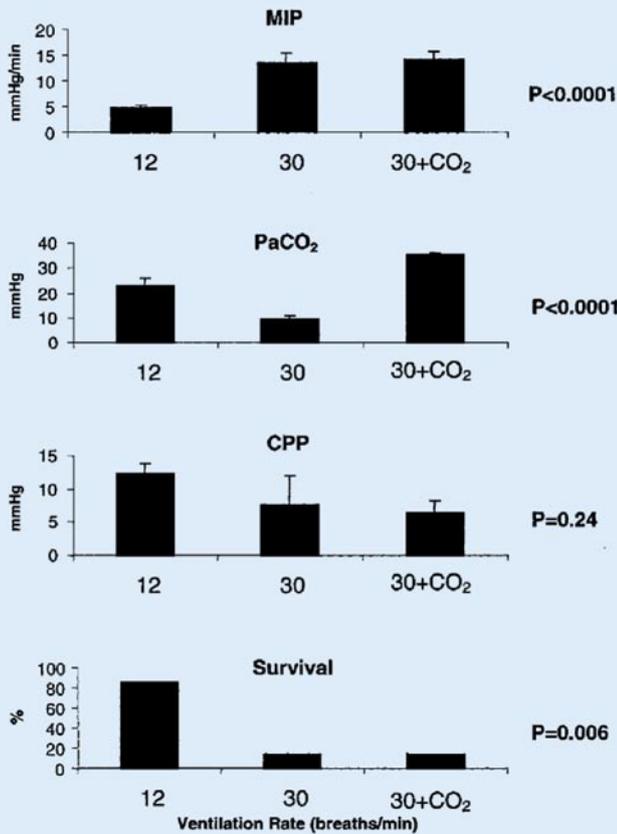


Abb. 2 ▲ Vergleich des mittleren intrathorakalen Druckes (MIP), arteriellen CO₂-Partialdruckes (p_aCO₂), koronaren Perfusionsdruckes (CPP) und des primären Überlebens in 3 Gruppen (Schweine, CPR nach Induktion eines Kammerflimmerns): Beatmungsfrequenz 12/min, 30/min und 30/min mit Korrektur der Hypokapnie. Es zeigten sich (unabhängig vom arteriellen CO₂-Partialdruck) ein höherer koronarer Perfusionsdruck und eine höhere Überlebensrate bei den Tieren, die eine geringere Atemfrequenz während CPR erhielten. (Aus Aufderheide et al. [5])

eine tatsächliche (gar nicht gewollte) Beatmungsfrequenz von sogar 30/min. Eine daran angeschlossene tierexperimentelle Studie mit Beatmungsfrequenzen von 12/min, 20/min und 30/min zeigte eine signifikant höhere Mortalitätsrate bei Tieren mit höheren Beatmungsfrequenzen (■ **Abb. 2**) [5]. Offensichtlich führten also tatsächlich ungeeignet hohe Beatmungsfrequenzen zu einer kritischen Verringerung der mittleren Kompressionsfre-

quenz; dies hatte letztlich schlechtere Koronarperfusionsdrücke und schlechteres Outcome zur Folge.

Aus den bisherigen Befunden kann nun doch folgendes Ziel für die Optimierung des Thoraxkompressions/Ventilations-Verhältnisses abgeleitet werden: möglichst ununterbrochene Thoraxkompressionen unter Belüftung eines zum Gasaustausch ausreichenden Lungenvolumens. Jede Unterbrechung der Thoraxkompres-

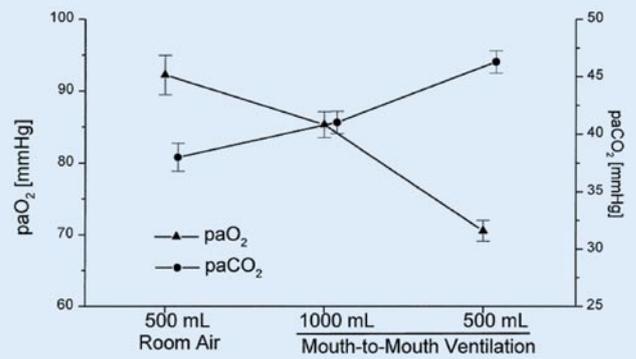


Abb. 3 ▲ Arterielle Sauerstoff- und Kohlendioxidpartialdrücke von gesunden Probanden, die 5 min ein Tidalvolumen von 500 ml Raumluft, ein Tidalvolumen von 1.000 ml bzw. 500 ml einer Gasmischung von 17% Sauerstoff, 4% Kohlendioxid und 79% Stickstoff – entsprechend der Gaskonzentration bei einer Mund-zu-Mund-Beatmung – einatmeten. Es zeigt sich v. a. ein deutlicher Abfall des arteriellen Sauerstoffpartialdruckes und ein Anstieg der Kohlendioxidkonzentration bei der simulierten Mund-zu-Mund-Beatmung. Von den 20 Probanden waren 16 nicht in der Lage, diese Gaskonzentration länger als 3 min einzuatmen (Aus Stalling et al. [44])

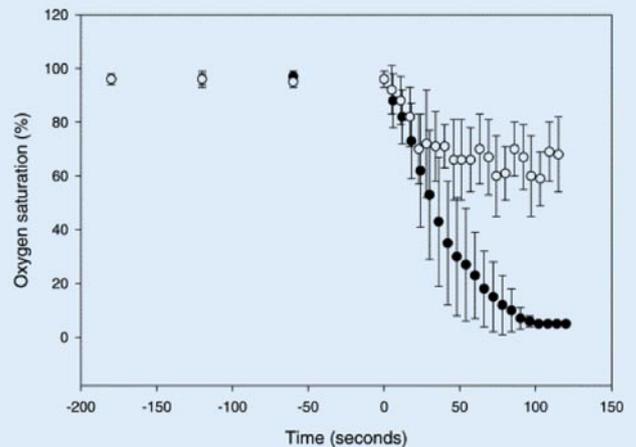


Abb. 4 ▲ Arterielle Sauerstoffsättigung (Mittelwerte und Standardabweichungen) in 2 Gruppen während Herzkreislaufstillstand ohne therapeutische Interventionen (-200–0 s) und in den ersten 2 min während Basismaßnahmen (0–120 s). Die schwarzen Kreise markieren Datenpunkte von Tieren, die nicht ventiliert wurden (alleinige Thoraxkompressionen), die weißen Kreise die Datenpunkte von Tieren, die in einem Verhältnis von 30:2 Thoraxkompressionen:Beatmungen erhielten. (Aus Dorph et al. [23])

sionen, etwa zur interponierten Beatmung, wirkt sich nachteilig auf die vitale Organdurchblutung aus. Andererseits ist ein minimaler pulmonaler Gasaustausch für eine ausreichende Oxygenierung ebendieser Organe unerlässlich. Konsequenterweise weitergedacht, könnten daraus Argumente für einen kontinuierlichen positiven Atemwegsdruck (CPAP) während ununterbrochener Thoraxkompressionen gefunden werden.

„Ideales“ Tidalvolumen und $F_{I}O_2$

Wesentliche Studien zum „idealen“ Tidalvolumen sind bereits in die neuen internationalen Leitlinien im Jahr 2000 eingegangen [1]. Demnach wird ein reduziertes Tidalvolumen von 6–7 ml/kg KG (entsprechend 500 ml beim Erwachsenen) im Vergleich zu 10 ml/kg KG (entsprechend 1.000 ml beim Erwachsenen) empfohlen, sofern eine $F_{I}O_2 > 0,4$ gewährleistet werden kann.

Diese Modifikation beruht v. a. auf der Überlegung, dass bei ungesicherten Atemwegen ein zu hohes Tidalvolumen leichter zu wiederholter gastral Luftinsufflation führen kann, was wiederum die Ventilation behindern und damit einen Circulus Vitiosus einleiten kann [46]. Ein reduziertes Tidalvolumen generierte im Tierversuch bei einer $F_{I}O_2$ von 1,0 physiologische arterielle Blutgaswerte [48]. In einer prospektiven Patientenstudie zeigte sich bei Reduktion des Tidalvolumens von 1,0 auf 0,5 l ($F_{I}O_2 = 1,0$) ebenfalls kein signifikanter Unterschied in der Oxygenierung während erweiterter lebensrettender Maßnahmen [35].

Bei Mund-zu-Mund-Beatmung hingegen, die nur eine verringerte inspiratorische Sauerstoffkonzentration gewährleisten kann, wird nach wie vor das höhere Tidalvolumen (1.000 ml für Erwachsene, entsprechend ca. 10 ml/kg KG) empfohlen (■ **Abb. 3**) [44]

Im Rahmen des formalen BLS-Trainings erscheint es daher nicht schlüssig, einem Ersthelfer zu vermitteln, dass einerseits eine Mund-zu-Mund-Beatmung mit einem Tidalvolumen von 500 ml beim Erwachsenen im Rahmen der CPR keine ausreichende Oxygenierung gewährleistet, andererseits alleinige Thoraxkompressionen völlig ohne Beatmung eine Alternative darstellen.

Letztere wird auch von AHA/ILCOR lediglich als Notlösung im Fall einer telefonisch instruierten Laienreanimation oder bei Ablehnung bzw. Unvermögen des Ersthelfers zur Mund-zu-Mund-Beatmung akzeptiert [1]. Auch die Aussage „adequate oxygen exists within the blood during at least the first 10 min of cardiac arrest“ ist, nüchtern betrachtet, nicht durch valide Daten belegt [31]. Weder initiale Höhe noch Zeitverlauf des Abfalles des arteriellen Sau-

erstoffgehaltes sind unter den klinischen Bedingungen von Kreislaufstillstand und Reanimation vorhersagbar oder gar konstanten. Sie hängen auch in diesem Szenario von inspiratorischer Sauerstoffkonzentration (z. B. 100%, Raumluft oder 17%), Hämoglobinkonzentration und O_2 -Bindungskurve, von alveolärer Ventilation und Hämodynamik, Ventilations-Perfusions-Verteilung in der Lunge, von Sauerstoffverbrauch, Temperatur etc. ab. Die Physiologie ist auch unter Reanimationsbedingungen nicht außer Kraft.

Zwar konnten Chandra et al. bei Hunden allein mithilfe von Thoraxkompressionen unter Raumluft eine aortale Sättigung von $>90\%$ über >4 min aufrechterhalten. Sie dokumentierten aber auch, dass die Thoraxkompressionen per se bei dieser Spezies bereits zu einer „Begleitventilation“ von >5 l/min führten [18]. Im Schweinemodell führten ferner Thoraxkompressionen ohne Beatmung, aber mit O_2 -Insufflation via Endotrachealtubus in der Tat zu vergleichbaren Reanimationsergebnissen wie Standard-CPR [40]. Beide Arbeiten können jedoch nicht ernsthaft als Beleg dafür herangezogen werden, man könne in der außerklinischen Laienreanimation generell die Beatmung unterlassen, im Vertrauen darauf, die Atemwege obstruierten nicht und der Effekt supplementären Sauerstoffs wäre irrelevant. Tatsächlich kommt es unter effektiver Thoraxkompression ohne Beatmung (okkludierte Inspiration, d. h. wirklich nur „oxygen within the blood“) in weniger als 60 s zu einem Abfall der arteriellen Sauerstoffsättigung auf $<25\%$ (■ **Abb. 4**) [23]

Ausbildungs- und Prozessqualität

Ein sicherlich nicht zu vernachlässigendes Problem bei der Übertragung gelehrter Leitlinien auf die reale Notfallsituation stellt ihre praktische Umsetzung durch Laien oder professionelles Personal dar.

Selbst bei professionellen Rettungsdienstangehörigen wiesen Liberman et al. eine nur sehr unzureichende Durchführung der CPR-Techniken nach. So wurde z. B. in 49% der Fälle ein geringeres Tidalvolumen appliziert, als zu dieser Zeit nach internationalen Leitlinien gefordert war [36]. In einer aktuelleren Studie zeigte sich im Gegensatz zu den Leitlinienvor-

gaben eine signifikante Hyperventilation der Reanimationspatienten durch professionelle Reanimationsteams; dies dürfte – zumindest nach tierexperimentellen Ergebnissen – das Risiko eines schlechteren Outcome mit sich bringen [5].

Die unzureichende praktische Umsetzung von Reanimationsleitlinien, insbesondere der technisch schwierigeren Beatmungsmaßnahmen, mag daher nicht unwesentlich daran beteiligt sein, dass der Nutzen der Beatmung im Rahmen von Ersthelfermaßnahmen zunehmend in Frage gestellt wird. Statt aber die Ausbildung in der Ersthelferbeatmung zu verlassen, sollte stattdessen das Ausbildungskonzept für interessierte Laien und den professionellen Rettungsdienst weiter verbessert werden.

Neue Beatmungsformen bei kardiopulmonaler Reanimation?

Im Bereich der Intensivmedizin hat sich die Beatmungstherapie in den letzten 10 Jahren wesentlich weiterentwickelt. So stellt die „lungenprotektive“ Beatmung (definiert durch geringe Tidalvolumina) die einzige therapeutische Intervention dar, die in einer prospektiven multizentrischen Studie eine Outcomeverbesserung bei Patienten mit akutem Lungenversagen nachweisen konnte [2]. Im Gegensatz dazu wurden nur wenige Untersuchungen zu innovativen Beatmungsformen im Bereich der Notfallmedizin durchgeführt.

Die Studien, die sich mit kontinuierlichen positiven Druckbeatmungsformen während Thoraxkompressionen beschäftigen, führen v. a. zu der Erkenntnis, dass eine konventionelle volumenkonstante Beatmung wesentliche Nachteile während CPR aufweist. Unter volumenkonstanter intermittierender Überdruckbeatmung (IPPV) kommt es zu ständig variierenden intrathorakalen Druckverhältnissen, deren Auswirkungen auf die Hämodynamik während zyklischer Thoraxkompression wechseln und kaum kontrollierbar sind: Während der Inspirationsphase führt eine Thoraxkompression zu einer sehr hohen intrathorakalen Druckspitze und damit kurzzeitig zu einem hohen pulmonalvaskulären Widerstand (PVR) sowie zu einem verringerten venösen Rückstrom [5]. Während Expiration und gleichzeiti-

ger Dekompression kommt es zum plötzlichen Abfall des intrathorakalen Druckes, der wiederum eine Zunahme der Atelektasenfläche, der Shuntdurchblutung („shunt in time“) und des lokalen PVR zur Folge hat [37, 38, 39].

Das zyklische Auftreten dieser beiden Extremsituationen während volumenkonstanter IPPV mit hohen Tidalvolumina und Thoraxkompressionen behindert also nicht nur den globalen Gasaustausch, sondern mittelbar auch die Perfusion vitaler Organe. Die These einiger Autoren, die Aufrechterhaltung eines Minimalkreislaufs sei wesentlich wichtiger einzustufen als die Beatmung – bis hin zu der Schlussfolgerung, dass diese in den ersten Minuten einer Reanimation ganz verzichtbar sei – ignoriert also die Tatsache, dass es sich bei Beatmung und Minimalkreislauf um voneinander abhängige Prozesse handelt.

Hevesi et al. untersuchten im Tierversuch einen kontinuierlichen positiven Atemwegsdruck (CPAP) unter Thoraxkompressionen als Alternative zu alleinigen Thoraxkompressionen ohne Beatmung. Sie versuchten damit die Vorteile ununterbrochener Thoraxkompressionszyklen mit einem suffizienten Gasaustausch, wie er ganz ohne Beatmung nicht möglich ist, zu kombinieren. Tatsächlich verhinderte CPAP während der Thoraxkompressionen eine Hyperkapnie und gewährleistete eine bessere Oxygenierung als alleinige Thoraxkompressionen [27].

Als weitere nichtphasische Beatmungsform wurde eine transtracheale Insufflation von Sauerstoff während CPR getestet. Es zeigte sich, dass bei intubierten Tieren damit eine vergleichbare Oxygenierung zu erzielen war wie mit einer konventionellen volumenkonstanten Beatmung [6]. Auch ohne endotracheale Intubation ist diese Oxygenierungsmethode anwendbar; sie erzielte bessere Blutgaswerte während Herzkreislaufstillstand und kardiopulmonaler Reanimation als alleinige Thoraxkompressionen. Die Aspirationsrate konnte in dieser Methode durch höhere transtracheale O₂-Flussraten verringert werden [29].

Unter CPR mit IPPV kommt es zu zyklischem Alveolarkollaps und -rekrutement innerhalb jedes Beatmungszyklus [37, 38]. Daraus lässt sich schließen, dass

dabei die intrapulmonale Shuntfraction und pulmonalvaskuläre Widerstandsverhältnisse ebenfalls zyklisch variieren. Folgerichtig liess sich mithilfe der Multiplen Inertgas-Eliminationstechnik zeigen, dass eine Kombination aus CPAP und druckunterstützter Beatmung (PSV) während der Thoraxdekompressionsphasen ein besseres Ventilation/Perfusions-Verhältnis im Vergleich zu alleinigem CPAP oder konventioneller volumenkonstanter Beatmung gewährleistete [34].

Zu diesem Themenkomplex sind zweifelsohne weitere Studien notwendig, die die Auswirkung der verschiedenen Einflussfaktoren (z. B. optimale Beatmungsmuster und -drücke) auf Oxygenierung und Perfusion vitaler Organe eingehend untersuchen.

Fazit für die Praxis

Auch 5 Jahre nach der letzten Standortbestimmung findet sich keine Tier- oder Humanstudie, die schlüssig nachweisen könnte, dass in einem Ersthelferszenario alleinige Thoraxkompressionen ohne Beatmung Überlebensvorteile bieten gegenüber dem konventionellen Vorgehen nach aktuellen internationalen BLS-Richtlinien. Vielmehr lassen sich für durchaus häufige Szenarien (asphyktischer Kreislaufstillstand, niedrige F_IO₂) sogar eindeutig schlechtere Reanimationsergebnisse belegen, wenn nicht auch beatmet wird. Damit gibt es bislang keine Evidenz, die ein Abweichen von den bisherigen Empfehlungen in der BLS-Ausbildung und in der BLS-Praxis ausgebildeter Ersthelfer nahe legt. Unbestritten bleibt lediglich, dass für den nichtausgebildeten Ersthelfer alleinige Thoraxkompressionen immer noch eine bessere Erste-Hilfe-Alternative darstellen als gar nichts zu tun. Für den in BLS ausgebildeten Ersthelfer hingegen ist diese Alternative nachweislich nicht besser und häufig schlechter als der derzeit gültige BLS-Standard. Die Reanimation durch untrainierte, vom Disponenten über Telefon instruierte Ersthelfer kann dagegen ein sinnvolles, ganz spezifisches Einsatzgebiet der Technik „Thoraxkompressionen ohne Beatmung“ darstellen, wenngleich der Nutzen der Methode noch nicht signifikant, zweifelsfrei und reproduzierbar nachge-

wiesen ist [1]. Die Instruktion nicht ausgebildeter Hilswilliger via Telefon sollte dabei gerade nicht im Kontext der BLS-Ausbildung gesehen werden. Vielmehr sollte die Kurzinstruktion per Telefon als Baustein in das „Advanced-life-support-(ALS-)Repertoire“ der Leitstellen-Disponenten/Dispatcher integriert werden: Das (Video-)Telefon wäre dann ein technisches ALS-Hilfsmittel, das die Delegation eines unmittelbar lebensrettenden Therapieschrittes an den untrainierten Laien ermöglicht, nicht anders als der halbautomatische Defibrillator. Die Diskussion um das Thema „Beatmung in der CPR“ hat also eigentlich erst begonnen.

Korrespondierender Autor

Dr. med. K. Markstaller

Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie, Inselspital, Universität Bern, 3010 Bern, Schweiz
E-Mail: klaus.markstaller@insel.ch

Interessenkonflikt: Der korrespondierende Autor versichert, dass keine Verbindungen mit einer Firma, deren Produkt in dem Artikel genannt ist, oder einer Firma, die ein Konkurrenzprodukt vertreibt, bestehen.

Kommentar

Dieser Beitrag wurde erstmals publiziert in „Der Anaesthetist“, Ausgabe 10/2004.

Literatur

1. American Heart Association in collaboration with the International Liaison Committee on Resuscitation (2000) Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 102 [Suppl 8]:I1–384
2. Acute Respiratory Distress Syndrome Network (2000) Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 342:1301–1308
3. Assar D, Chamberlain D, Colquhoun M et al. (1998) A rationale for staged teaching of basic life support. *Resuscitation* 39:137–143
4. Assar D, Chamberlain D, Colquhoun M, Donnelly P, Handley AJ, Leaves S, Kern KB (2000) Randomised controlled trials of staged teaching for basic life support. 1. Skill acquisition at bronze stage. *Resuscitation* 45:7–15
5. Aufderheide TP, Sigurdsson G, Pirralo RG et al. (2004) Hyperventilation-induced hypotension during cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 109:1960–1965
6. Ayoub JM, Brown DJ, Gazmuri RJ (2001) Transtracheal oxygenation: an alternative to endotracheal intubation during cardiac arrest. *Chest* 120:1663–1670

7. Babbs CF, Kern KB (2002) Optimum compression to ventilation ratios in CPR under realistic, practical conditions: a physiological and mathematical analysis. *Resuscitation* 54:147–157
8. Berg RA (2000) Role of mouth-to-mouth rescue breathing in bystander cardiopulmonary resuscitation for asphyxial cardiac arrest. *Crit Care Med* 28 [Suppl 11]:N193–195
9. Berg RA, Kern KB, Sanders AB, Otto CW, Hilwig RW, Ewy GA (1993) Bystander cardiopulmonary resuscitation. Is ventilation necessary? *Circulation* 88:1907–1915
10. Berg RA, Kern KB, Hilwig RW, Ewy GA (1997) Assisted ventilation during „bystander“ CPR in a swine acute myocardial infarction model does not improve outcome. *Circulation* 96:4364–4371
11. Berg RA, Kern KB, Hilwig RW, Berg MD, Sanders AB, Otto CW, Ewy GA (1997) Assisted ventilation does not improve outcome in a porcine model of single-rescuer bystander cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 95:1635–1641
12. Berg RA, Hilwig RW, Kern KB, Babar I, Ewy GA (1999) Simulated mouth-to-mouth ventilation and chest compressions (bystander cardiopulmonary resuscitation) improves outcome in a swine model of prehospital paediatric asphyxial cardiac arrest. *Crit Care Med* 27:1893–1899
13. Berg RA, Hilwig RW, Kern KB, Ewy GA (2000) „Bystander“ chest compressions and assisted ventilation independently improve outcome from piglet asphyxial pulseless „cardiac arrest“. *Circulation* 101:1743–1748
14. Berg RA, Sanders AB, Kern KB, Hilwig RW, Heidenreich JW, Porter ME, Ewy GA (2001) Adverse hemodynamic effects of interrupting chest compressions for rescue breathing during cardiopulmonary resuscitation for ventricular fibrillation cardiac arrest. *Circulation* 104:2465–2470
15. Bossaert L, Hoeyweghen R van (1989) Evaluation of cardiopulmonary resuscitation (CPR) techniques. The Cerebral Resuscitation Study Group. *Resuscitation* 17 Suppl:599–109; discussion S199–206
16. Brenner BE, Van DC, Lazar EJ, Camargo C (2000) Determinants of physician reluctance to perform mouth-to-mouth resuscitation. *J Clin Epidemiol* 53:1054–1061
17. Casper K, Murphy G, Weinstein C, Brinsfield K (2003) A comparison of cardiopulmonary resuscitation rates of strangers versus known bystanders. *Prehosp Emerg Care* 7:299–302
18. Chandra NC, Gruben KG, Tsitlik JE et al. (1994) Observations of ventilation during resuscitation in a canine model. *Circulation* 90:3070–3075
19. Criley JM, Niemann JT, Rosborough JP, Hausknecht M (1986) Modifications of cardiopulmonary resuscitation based on the cough. *Circulation* 74:IV42–50
20. Dick WF, Brambrink AM, Kern T (1999) Kardiopulmonale Reanimation „oben ohne“? Soll die Herz-Lungen-Wiederbelebung künftig ohne Beatmung erfolgen? *Anaesthesist* 48:290–300
21. Dorph E, Wik L, Steen PA (2002) Effectiveness of ventilation-compression ratios 1.5 and 2:15 in simulated single rescuer paediatric resuscitation. *Resuscitation* 54:259–264
22. Dorph E, Wik L, Stromme TA, Eriksen M, Steen PA (2003) Quality of CPR with three different ventilation: compression ratios. *Resuscitation* 58:193–201
23. Dorph E, Wik L, Stromme TA, Eriksen M, Steen PA (2004) Oxygen delivery and return of spontaneous circulation with ventilation: compression ratio 2:30 versus chest compressions only CPR in pigs. *Resuscitation* 60:309–318
24. Greingor JL (2002) Quality of cardiac massage with ratio compression-ventilation 5/1 and 15/2. *Resuscitation* 55:263–267
25. Hallstrom A, Cobb L, Johnson E, Copass M (2000) Cardiopulmonary resuscitation by chest compression alone or with mouth-to-mouth ventilation. *N Engl J Med* 342:1546–1553
26. Harada Y, Fuseno H, Ohtomo T, Yamahara Y, Nakamura M (1991) Self-administered hyperventilation cardiopulmonary resuscitation for 100 s of cardiac arrest during Holter monitoring. *Chest* 99:1310–1312
27. Hevesi ZG, Thrush DN, Downs JB, Smith RA (1999) Cardiopulmonary resuscitation: effect of CPAP on gas exchange during chest compressions. *Anesthesiology* 90:1078–1083
28. Hoeyweghen RJ van, Bossaert LL, Mullie A, Calle P, Martens P, Buylaert WA, Deloos H (1993) Quality and efficiency of bystander CPR. Belgian Cerebral Resuscitation Study Group. *Resuscitation* 26:47–52
29. Javan B, Cheung HK, Chong ZK et al. (2000) Aspiration in transtracheal oxygen insufflation with different insufflation flow rates during cardiopulmonary resuscitation in dogs. *Anesth Analg* 91:1431–1435
30. Kawamae K, Murakawa M, Otsuki M, Matsumoto Y, Tase C (2001) Precordial compression without airway management induces lung injury in the rodent cardiac arrest model with central apnea. *Resuscitation* 51:165–171
31. Kern KB (2000) Cardiopulmonary resuscitation without ventilation. *Crit Care Med* 28 [Suppl 11]: N186–189
32. Kern KB, Hilwig RW, Berg RA, Ewy GA (1998) Efficacy of chest compression-only BLS CPR in the presence of an occluded airway. *Resuscitation* 39:179–188
33. Kinney SB, Tibballs J (2000) An analysis of the efficacy of bag-valve-mask ventilation and chest compression during different compression-ventilation ratios in manikin-simulated paediatric resuscitation. *Resuscitation* 43:115–120
34. Kleinsasser A, Lindner KH, Schaefer A, Loeckinger A (2002) Decompression-triggered positive-pressure ventilation during cardiopulmonary resuscitation improves pulmonary gas exchange and oxygen uptake. *Circulation* 106:373–378
35. Langhelle A, Sunde K, Wik L, Steen PA (2000) Arterial blood-gases with 500- versus 1000-ml tidal volumes during out-of-hospital CPR. *Resuscitation* 45:27–33
36. Liberman M, Lavoie A, Mulder D, Sampalis J (1999) Cardiopulmonary resuscitation: errors made by pre-hospital emergency medical personnel. *Resuscitation* 42:47–55
37. Markstaller K, Karmrodt J, Doebrich M et al. (2002) Dynamic computed tomography: a novel technique to study lung aeration and atelectasis formation during experimental CPR. *Resuscitation* 53:307–313
38. Markstaller K, Herweling A, Karmrodt J et al. (2003) Vergleich unterschiedlicher Beatmungsstrategien während experimenteller kardiopulmonaler Reanimation mittels ultraschneller p_aO₂ Messung und dynamischer Computertomographie. *Anaesthesiol Intensivmed* 44:764
39. Markstaller K, Kauczor HU, Weiler N et al. (2003) Lung density distribution in dynamic CT correlates with oxygenation in ventilated pigs with lavage ARDS. *Br J Anaesth* 91:1–10
40. Noc M, Weil MH, Tang W, Turner T, Fukui M (1995) Mechanical ventilation may not be essential for initial cardiopulmonary resuscitation. *Chest* 108:821–827
41. Safar P, Bircher N, Pretto E Jr et al. (1998) Reappraisal of mouth-to-mouth ventilation during bystander-initiated CPR. *Circulation* 98:608–610
42. Sanders AB, Kern KB, Berg RA, Hilwig RW, Heidenreich J, Ewy GA (2002) Survival and neurologic outcome after cardiopulmonary resuscitation with four different chest compression-ventilation ratios. *Ann Emerg Med* 40:553–562
43. Shaw DP, Rutherford JS, Williams MJ (1997) The mechanism of blood flow in cardiopulmonary resuscitation – introducing the lung pump. *Resuscitation* 35:255–258
44. Stallinger A, Wenzel V, Oroszy S, Mayr VD, Idris AH, Lindner KH, Hormann C (2001) The effects of different mouth-to-mouth ventilation tidal volumes on gas exchange during simulated rescue breathing. *Anesth Analg* 93:1265–1269
45. Turner I, Turner S, Armstrong V (2002) Does the compression to ventilation ratio affect the quality of CPR: a simulation study. *Resuscitation* 52:55–62
46. Wenzel V, Keller C, Idris AH, Dorges V, Lindner KH, Brimacombe JR (1999) Effects of smaller tidal volumes during basic life support ventilation in patients with respiratory arrest: good ventilation, less risk? *Resuscitation* 43:25–29
47. Wenzel V, Voelckel WG, Krismer AC et al. (2001) Die neuen internationalen Richtlinien zur kardiopulmonalen Reanimation. Eine Analyse und Kommentierung der wichtigsten Änderungen. *Anaesthesist* 50:342–357
48. Winkler M, Mauritz W, Hackl W, Gilly H, Weindlmayr-Goettel M, Steinbereithner K, Schindler I (1998) Effects of half the tidal volume during cardiopulmonary resuscitation on acid-base balance and haemodynamics in pigs. *Eur J Emerg Med* 5:201–206