

Aus der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie
des Zentrums für Anästhesiologie und Intensivmedizin
des Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

Direktor Prof. Dr. med. Alwin E. Goetz

Kardiopulmonale Reanimation durch zwei
professionelle Helfer – Vergleich von Überkopf- und
Standard-Methode

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg vorgelegt von

Eike Gamon

aus Marburg a. d. Lahn

Hamburg 2011

Angenommen von der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: **23.03.2012**

Veröffentlicht mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

Prüfungsausschuss, der Vorsitzende: **Prof. Dr. G. N. Schmidt**

Prüfungsausschuss, 2. Gutachter: **PD Dr. J. Kubitz**

Prüfungsausschuss, 3. Gutachter: **Prof. Dr. D. Singer**

1	Arbeitshypothese und Fragestellung.....	1
2	Einleitung	2
2.1	Prolog.....	2
2.2	Begriffsbestimmung.....	2
2.3	Physiologie des Kreislaufstillstandes und Mechanismen der CPR	3
2.4	Beschreibung der Reanimationsmaßnahmen	5
2.5	Empfehlungen nationaler und internationaler Organisationen.....	6
2.6	Standard-Methode und Überkopf-Methode	9
2.7	Bisherige Studien zum Vergleich der Standard-Methode mit der Überkopf-Methode.....	13
3	Material und Methodik.....	18
3.1	Durchführende Stelle und Zeitraum der Datenerhebung.....	18
3.2	Material	18
3.3	Auswahl der Teilnehmer	19
3.4	Studiendesign	20
4	Ergebnisse.....	28
4.1	Auswertung der Reanimationsversuche	28
4.1.1	Thoraxkompression	28
4.1.2	Beatmung und Zeiten bis zur EKG-Ableitung.....	28
4.1.3	Tabellarische Darstellung der Ergebnisse.....	29
4.2	Auswertung der Fragebögen	31
5	Diskussion	33
5.1	Vergleich der eigenen Ergebnisse mit der Literatur.....	33
5.2	Klinische Bedeutung der Ergebnisse – Thoraxkompression.....	39
5.3	Klinische Bedeutung der Ergebnisse – Beatmung	43
5.4	Klinische Bedeutung der Ergebnisse – Zeit bis zur EKG-Ableitung	44
5.5	Methodenkritik.....	46
5.6	Folgerungen und Ausblick	47
6	Zusammenfassung	48
7	Literaturverzeichnis.....	49
8	Danksagung	52
9	Lebenslauf	53
10	Erklärung	54
11	Anlage: Fragenbogen zur Datenerhebung	55
12	Anlage: Publikation	58

1 Arbeitshypothese und Fragestellung

In der Praxis der kardiopulmonalen Reanimation (CPR) werden im Wesentlichen zwei Methoden angewandt: Die sogenannte Standard- und die Überkopf-Methode. Beide können sowohl durch einen, als auch durch zwei Helfer durchgeführt werden. Die verschiedenen Reanimationsmethoden waren in der Vergangenheit Gegenstand zahlreicher Studien, deren Ergebnisse in internationalen Leitlinien berücksichtigt wurden. Die älteren Studien, die mehr als fünf Jahre zurückliegen, waren aufgrund unterschiedlich gewählter Rahmenbedingungen nur schwierig miteinander vergleichbar, zeigten aber in Einzelfällen, vor allem unter beengten räumlichen Verhältnissen, Vorteile der Überkopf-Methode gegenüber der Standard-Methode auf oder hatten gleichwertige Ergebnisse. In den Leitlinien 2005, aufgrund derer die Datenerhebung zu dieser Studie stattfand, wird die Überkopf-Methode ausschließlich für die CPR in beengten räumlichen Verhältnissen berücksichtigt (Handley et al. 2005). Eine neuere Studie von *Maisch et al.* aus dem Jahre 2010 (Maisch et al. 2010) fand unter praxisnahen Bedingungen am CPR-Simulator heraus, dass die Standard-Methode grundsätzlich die überlegene Methode ist. Allerdings wurden als Probanden relativ unerfahrene Medizinstudenten eingesetzt.

Das Ziel der vorliegenden Studie war es herauszufinden, ob es im Rahmen der zur Zeit der Studiendurchführung geltenden Leitlinien von 2005, signifikante und klinisch relevante Unterschiede zwischen den beiden genannten CPR-Methoden gibt, wenn sie von ausgebildeten und praxiserfahrenen Fachkräften aus den Rettungsdiensten angewandt werden. Es sollte geklärt werden, welcher Methode unter diesen Bedingungen der Vorzug zu geben ist. Analog zur Studie von *Maisch et al.* wurde die Untersuchung an einem CPR-Simulator durchgeführt.

Aufgrund der Ergebnisse der bisherigen Studien wird die folgende Arbeitshypothese formuliert: Im Zweihelfer-Szenario von ausgebildeten und praxiserfahrenen Fachkräften aus dem Rettungsdienst ist die Standard-Methode der Überkopf-Methode überlegen.

2 Einleitung

2.1 Prolog

“ Und da Elisa ins Haus kam, siehe, da lag der Knabe tot auf seinem Bett. Und er ging hinein und schloss die Tür zu für sie beide und betete zu dem Herrn und stieg hinauf und legte sich auf das Kind und legte seinen Mund auf des Kindes Mund und seine Augen auf seine Augen und seine Hände auf seine Hände und breitete sich also über ihn, dass des Kindes Leib warm ward. Er aber stand wieder auf und ging im Haus einmal hierher und daher und stieg hinauf und breitete sich über ihn. Da schnaubte der Knabe siebenmal; danach tat der Knabe seine Augen auf.“ (Die Bibel, 2. Buch der Könige, 4, 32-35, revidiert 1984)

In der Bibel findet sich die erste geschichtliche Erwähnung einer Wiederbelebung. Es lässt sich vermuten, dass es das Bestreben der Menschen von Anbeginn ihrer Existenz war, einen Ihresgleichen aus einem Zustand des Todes, auch beschrieben als Scheintod, ins Leben zurückzuholen. Und dieses Bestreben, mit der Suche nach den richtigen Maßnahmen, den richtigen Techniken und den optimalen Voraussetzungen, hat ihr Ende bis heute nicht erreicht. Der medizinische Fortschritt hat in der Vergangenheit neuen Erkenntnissen in der Reanimation den Weg bereitet und wird dies auch in Zukunft tun. Daher ist es nicht nur legitim, sondern auch notwendig, ständig den medizinischen Kenntnisstand zu überprüfen und zu erweitern. Diese Arbeit soll ihren Teil dazu beitragen und mit ihren Ergebnissen den Kenntnisstand ein Stück erweitern.

2.2 Begriffsbestimmung

Der Begriff der kardiopulmonalen Reanimation (CPR) beschreibt die Wiederbelebung eines Patienten im Falle eines Kreislaufstillstandes durch die Maßnahmen der Herzdruckmassage (Thoraxkompression) und der Beatmung. Dabei wird unterschieden zwischen Basismaßnahmen (Basic Life Support, BLS) und erweiterten Maßnahmen (Advanced Life Support, ALS). Zum BLS gehören die manuelle Thoraxkompression, die Beatmung und die Frühdefibrillation mit einem automatisierten externen Defibrillator (AED), zum ALS alle weiteren Maßnahmen der Reanimation.

Für die Beurteilung des BLS spielen folgende Faktoren eine wesentliche Rolle:

- Gesamte Zeit ohne Thoraxkompression (Gesamt Hands-off-Zeit)
- Anzahl der Kompressionen
- Frequenz der Kompressionen
- Korrekte Kompressionen
- Anzahl der Beatmungen
- Korrekte Beatmung
- Gesamtvolumen der Beatmungen
- Zeit für zwei Beatmungen
- Duty Cycle (definiert als der Zeitraum vom Beginn eines Kompressionszyklus bis zum Beginn des folgenden Kompressionszyklus)
- Zeit bis zur EKG-Ableitung

„Professionell“ bedeutet in dieser Studie, dass die Helfer geschulte und routinierte Mitarbeiter aus den deutschen Rettungsdiensten sind, die von anerkannten Rettungsdienstschulen zu Rettungshelfern, -sanitätern oder -assistenten ausgebildet wurden und Erfahrungen in der praktischen Reanimation vorweisen können.

2.3 Physiologie des Kreislaufstillstandes und Mechanismen der CPR

Bei einem Kreislaufstillstand kommt der zirkulierende Blutfluss zum Erliegen, da aufgrund der fehlenden regulären Herzaktion ein suffizienter Auswurf des Blutes unterbleibt. Die manuelle Thoraxkompression produziert durch die Erhöhung des intrathorakalen Drucks und die direkte Kompression des Herzens einen Blutfluss im Gefäßsystem. Es können so systolische Blutdrücke von 60-80 mmHg aufgebaut werden. Dafür sind durchschnittlich etwa 15 Thoraxkompressionen notwendig (Paradis et al. 1989). Möglich wird dies durch die passiv arbeitenden Herzklappen, die den Blutfluss in nur eine Richtung zulassen (Abbildung 1). Deshalb führt die Kompression zum Auswurf des Blutes in die Arterien, wogegen die Entlastung zur Füllung des Herzens aus den Venen führt. Da der Abgang der hirnversorgenden Gefäße nahe am Herzen liegt, wird hier, anatomisch bedingt, der aufgebaute Druck primär in die Arterien des Kopfes fortgeleitet.

Ziel ist es, das Myokard und das Gehirn durch Thoraxkompressionen solange mit sauerstoffangereichertem Blut zu versorgen, bis eine Defibrillation des Herzens oder andere ALS-Maßnahmen erfolgreich sind und das Herz die Pumpleistung wieder selbstständig erbringen kann. Gerade bei Defibrillationen mehr als 5 Minuten nach Eintritt des Kreislaufstillstands ist eine von extern herbeigeführte Blutzirkulation von enormer Wichtigkeit (Wik et al. 2003).

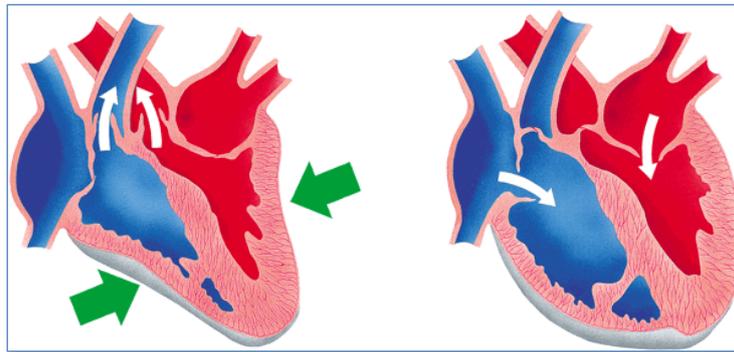


Abbildung 1: Blutfluss und Herzklappentätigkeit

Quelle: Schweizer Herzstiftung (<http://www.blutdruck-offensive.ch/uploads/pics/Bild-1.gif>)

Unterbrechungen der Thoraxkompressionen führen zum Absinken des erzeugten Blutdrucks und zum Stillstand des Blutflusses. Dies hat einen nachteiligen Effekt auf das Überleben des Patienten (Eftestol et al. 2002).

Die Beatmung während der Reanimation dient der Oxygenierung des Hämoglobins im zirkulierenden Blut und dem Auswaschen des durch den Stoffwechsel entstandenen Kohlendioxids. Neben der Qualität der Zirkulation des Blutes durch die Lunge ist die suffiziente Beatmung ein wesentlicher Faktor für eine gute Oxygenierung. Der BLS soll das Entstehen einer irreversiblen zerebralen Schädigung durch Sauerstoffmangel bis zum Wiedereinsetzen der patienteneigenen Kreislaufaktivität verhindern. Weiterhin erhöht der BLS die Wahrscheinlichkeit, dass eine Defibrillation ein bestehendes Kammerflimmern oder eine pulslose ventrikuläre Tachykardie beendet und das Herz wieder in einen suffizienten Eigenrhythmus zurückkehrt (Handley et al. 2005).

2.4 Beschreibung der Reanimationsmaßnahmen

Eine CPR kann grundsätzlich durch einen, besser aber durch zwei Helfer durchgeführt werden. Einheitliche Leitlinien, für Deutschland aktuell die Leitlinien 2010 des European Resuscitation Council (siehe dazu Kapitel 2.5), regeln ein einheitliches Vorgehen, unabhängig von der Qualifikation der Helfer. Eine präklinische CPR wird in Deutschland in den meisten Fällen nach Eintreffen des Rettungsdienstes durch zwei professionelle Helfer durchgeführt. Dies liegt an der Organisation des Rettungsdienstes in Deutschland: Üblicherweise trifft zunächst der Rettungswagen (RTW) ein, der mit einem Rettungsassistenten und einem zweiten medizinisch qualifizierten Helfer (Rettungshelfer, Rettungssanitäter oder Rettungsassistent) besetzt ist. Das notarztbesetzte Rettungsmittel erreicht den Einsatzort meistens erst später, so dass bei Beginn der CPR häufig nur zwei Helfer verfügbar sind.

Die CPR unterteilt sich in BLS und ALS: Die Maßnahmen des BLS setzen sich aus der Herzdruckmassage in Form einer manuellen Thoraxkompression und der Beatmung in einem festgelegten Verhältnis zusammen. In den Leitlinien 2005 wie auch in denen von 2010 beträgt dieses Verhältnis 30 Thoraxkompressionen zu 2 Beatmungen. Auch die Verwendung eines AED zählt zu den Basismaßnahmen. Die Thoraxkompression wird beim auf dem Rücken liegenden Patienten durch einen rhythmischen Druck von oben auf das Sternum in Richtung der Wirbelsäule ausgeführt, vergleiche Abbildung 2 auf Seite 6. Als Methode der Wahl ist im BLS die Mund-zu-Mund-Beatmung beschrieben. Kommt es zu Situationen, in denen eine Mund-zu-Mund-Beatmung nicht möglich ist, wie zum Beispiel bei starken Gesichtsverletzungen, so ist die Mund-zu-Nase-Beatmung eine empfohlene Alternative. Im medizinischen Bereich wird die Beatmung durch einen Beatmungsbeutel mit einer Maske ausgeführt, wie es in Abbildung 3 auf Seite 6 dargestellt ist (Handley et al. 2005).

Die erweiterten Maßnahmen des ALS umfassen alle Aktionen, die im weiteren Reanimationsalgorithmus vorgesehen sind: Anschluss des EKGs mit manuellem oder halbautomatischem Defibrillator und die Defibrillation bei defibrillierbarem Rhythmus (Kammerflimmern oder pulslose ventrikuläre Tachykardie), Atemwegssicherung und Beatmung, intravenöser Zugang und Medikamentengabe (Nolan et al. 2005).

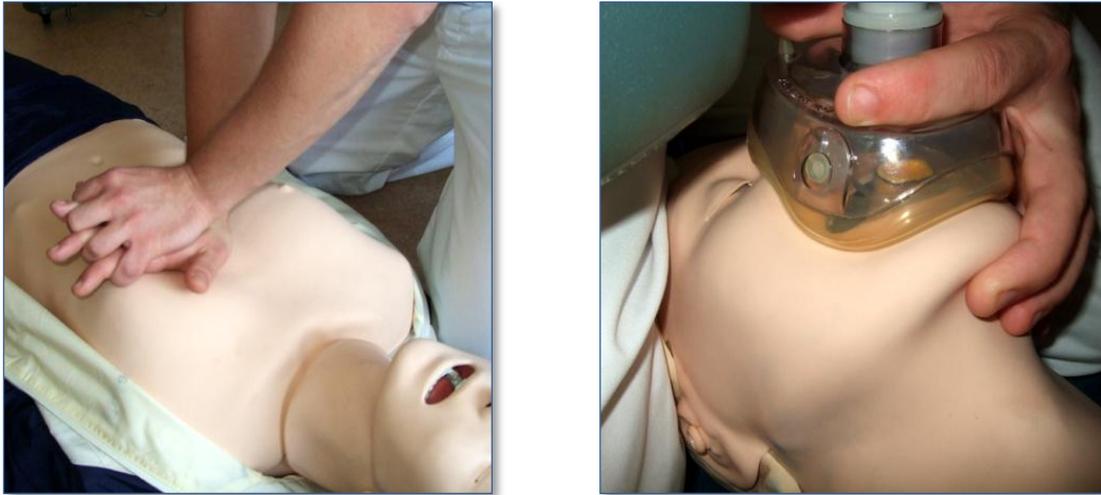


Abbildung 2 & 3: Seitliche Kompression & Beutel-Masken-Beatmung

2.5 Empfehlungen nationaler und internationaler Organisationen

Konkrete Empfehlungen zum Ablauf des BLS und des ALS werden seit dem Jahr 2000 durch das International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) im Fünf-Jahres-Rhythmus beschlossen. Das ILCOR ist seit 1992 der Zusammenschluss aller weltweit wichtigen Gremien, die sich mit der CPR befassen und Leitlinien für ihre jeweilige Region herausgeben. Dazu zählen die American Heart Association (AHA) und der European Resuscitation Council (ERC). Weiterhin gehören diesem Gremium die Heart and Stroke Foundation of Canada (HSFC), das Australian and New Zealand Committee on Resuscitation (ANZCOR), die Resuscitation Councils of Southern Africa (RCSA), die Inter American Heart Foundation (IAHF) und das Resuscitation Council of Asia (RCA – zurzeit vertreten durch Japan, Korea, Singapore und Taiwan) an. Die Empfehlungen des ILCOR basieren auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen und sollen eine Verbesserung der Effizienz der CPR und damit des Outcome des Patienten nach einem Kreislaufstillstand bewirken. Unter der Schirmherrschaft des ILCOR wird auf einer Konferenz das CoSTR-Dokument entwickelt (Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations). Das CoSTR-Dokument wird durch die einzelnen regionalen Reanimationsgremien an die regionalen Gegebenheiten angepasst und als Leitlinien veröffentlicht. Für Europa und damit auch für Deutschland ist dieses regionale

Gremium der ERC. Die ersten ERC-Leitlinien wurden im Jahr 2000 nach den Vorgaben des CoSTR-Dokuments des ILCOR veröffentlicht.

Die ERC-Leitlinien 2005, die zum Zeitpunkt dieser Studie für Europa gültig waren, wurden am 28.11.2005 publiziert und bildeten die Rahmenbedingungen für die Methodik und die Ergebnisse dieser Arbeit (Handley et al. 2005). Auf Basis dieser Leitlinien wurde die Datenerhebung durchgeführt. Mittlerweile hat der ERC die Leitlinien 2010 herausgegeben, auf die sich die Beschreibungen der CPR-Maßnahmen und -Methoden in dieser Arbeit beziehen.

Die Leitlinien geben vor, wie der BLS bei einer CPR durch zwei professionelle Helfer mit Hilfsmitteln wie Beatmungsmaske und -beutel durchgeführt werden soll. Übertragende Bedeutung bei der CPR besitzt die Thoraxkompression, während die Beatmung in der Anfangsphase einer CPR als nachrangig zu betrachten ist. Der Sauerstoffmangel ist zumeist auf den fehlenden kardialen Auswurf und nicht auf ein Fehlen von Sauerstoff in der Lunge zurückzuführen (Handley et al. 2005). Nur wenn der Grund für den Kreislaufstillstand einem Sauerstoffmangel in der eingeatmeten Luft geschuldet ist, wie zum Beispiel bei Kindern, beim Beinahe-Ertrinken, beim Einatmen von Gasen wie Kohlenmonoxid oder ggf. bei Traumapatienten, sollte auf die Beatmung während der CPR größerer Wert gelegt werden, um eine ausreichende Oxygenierung zu gewährleisten. Jede Unterbrechung der Thoraxkompression hat einen nachteiligen Effekt auf das Überleben des Patienten. Somit gilt es im gesamten Verlauf der CPR, die Pausen für Beatmungen so kurz wie möglich zu halten (Eftestol et al. 2002).

In den ERC-Leitlinien aus dem Jahr 2000 wurde noch eine Methode zum Auffinden des richtigen Druckpunktes für die Thoraxkompression beschrieben. Dabei wurde mit einem Finger das untere Ende des Sternums ertastet und zwei Fingerbreit darüber der Handballen mittig auf das Sternum aufgesetzt (Handley et al. 2001). Es zeigte sich aber in einer Studie von Handley aus dem Jahre 2002, dass professionelle Helfer den Druckpunkt viel schneller wiederfanden, wenn sie die Hände per Augenmaß in der Mitte des Thorax auflegten. Im Laufe der Reanimation war dieser Punkt auf dem Thorax durch Rötung oder Eindrücken gut zu erkennen. Die Ergebnisse der

Thoraxkompressionen waren die gleichen wie bei der Finger-Methode (Handley 2002). Der Ablauf der CPR bleibt durch diese Methode kontinuierlicher und hat eine größere Zeitersparnis beim Fortsetzen der Thoraxkompression nach der Beatmung zur Folge. Die ERC-Leitlinien gehen mittlerweile sogar noch ein Stück weiter und schlagen eine Ausweitung dieser Technik auch auf Laienhelfer vor. Die Empfehlungen der ERC-Leitlinien 2005 für die Thoraxkompression sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1

Empfehlungen zur Thoraxkompression in den ERC-Leitlinien 2005

1. Platzierung der Hände in der Mitte des Thorax
2. Kompressionen mit einer Frequenz von 100 /min
3. Erreichen einer Kompressionstiefe von 40-50 mm
4. Komplette Entlastung des Thorax nach jeder Kompression
5. Unterbrechungen der Thoraxkompressionen minimieren
6. Gleiche Zeiten für die Kompression und die Entlastung
7. Palpable Karotiden- oder Femoral-Pulse sollten nicht als Effizienzmaß genommen werden

Quelle: (Handley et al. 2005)

In den ERC-Leitlinien wird für die Beatmung durch professionelle Helfer die Anwendung der Beutel-Masken-Beatmung empfohlen. Neben der Hemmschwelle des Helfers bei einer Mund-zu-Mund-Beatmung eines Fremden gibt es noch weitere Gründe, die für eine Beutel-Masken-Beatmung sprechen: Erstens die Möglichkeit der Applikation von 100% Sauerstoff über einen O₂-Anschluss und einen angeschlossenen Reservoir-Beutel oder ein angeschlossenes Demandventil, zweitens die Vermeidung einer Übertragung von gefährlichen Infektionen (z.B. Tuberkulose (Heilman und Muschenheim 1965) und SARS-Virus (Christian et al. 2004) und drittens die Vermeidung einer Ermüdung des beatmenden Helfers durch die Beatmung selbst.

Während in den Leitlinien des ERC versucht wird, eine strukturierte und sinnvolle Reihenfolge der Reanimationsmaßnahmen zu erreichen, wird keine Aussage über mögliche Unterschiede in der Positionierung der Helfer und einer dadurch bedingten positiven oder negativen Veränderung der Effektivität getroffen.

Der Erfolg einer Reanimation auf Grundlage der aktuellen ERC-Leitlinien ist maßgeblich von der Suffizienz der einzelnen Maßnahmen und deren Abfolge abhängig. Gerade im präklinischen Bereich muss auf eine möglichst exakte Umsetzung der Thoraxkompression und der Beatmung sehr viel Wert gelegt werden, da hier die räumlichen, personellen und materiellen Gegebenheiten begrenzt sind. Die Empfehlung der ERC-Leitlinien ist die Standard-Methode. Nur in Ausnahmefällen soll von dieser Empfehlung abgewichen werden und es kann eine Überkopf-Methode durchgeführt werden. Als Ausnahmefälle benennen die ERC-Leitlinien beengte räumliche Verhältnisse („confined spaces“ (Handley et al. 2005)).

In den aktuellen ERC-Leitlinien 2010 werden die Ergebnisse der CPR-Studien der letzten Jahre umgesetzt. Im Ergebnis führt dies zu einer noch stärkeren Betonung einer kurzen Hands-off-Zeit, um eine Beatmung oder Defibrillation durchzuführen. Es wird weiterhin die Empfehlung ausgesprochen, auch während des Ladevorgangs des Defibrillators Thoraxkompressionen durchzuführen (Minimierung von prä- und postshock-Pausen). Ein weiterer Punkt, der in allen Kapiteln der Leitlinien auftaucht, ist die immense Bedeutung einer qualitativ hochwertigen Thoraxkompression.

2.6 Standard-Methode und Überkopf-Methode

Bei der Reanimation durch zwei professionelle Helfer werden zurzeit zwei grundsätzlich verschiedene Methoden diskutiert, die in der Praxis faktisch nebeneinander existieren: Die Standard-Methode und die Überkopf-Methode. Von den deutschen Rettungsdienstschulen werden diese beiden Methoden mit unterschiedlicher Gewichtung gelehrt, teilweise die Überkopf-Methode sogar als „Routineverfahren“ (Gliwitzky et al. 2001, Burrows 1995).

Bei der Standard-Methode sind beide Helfer gleichzeitig in den BLS involviert, während bei der Überkopf-Methode nur ein Helfer für den BLS verantwortlich ist und der zweite Helfer den ALS vorbereitet.

1. Standard-Methode

Bei der Standard-Methode führt, nach den zum Zeitpunkt der Studiendurchführung aktuellen ERC-Leitlinien 2005, eine der beiden rettungsdienstlichen Fachkräfte die manuelle Thoraxkompression von der Seite durch, während die zweite Fachkraft vom Kopf her eine Beutel-Masken-Beatmung vornimmt. Die Wahl der Seite für die Thoraxkompression ist dabei beliebig. Die zweite Fachkraft führt in den Beatmungspausen die erweiterten Maßnahmen im Algorithmus der Reanimation durch. Abbildung 4 zeigt die Positionierung der Helfer bei der Standard-Methode. Der Kopf des Patienten liegt dabei zwischen den Beinen des Helfers und der Beatmungsbeutel ruht oberhalb auf einem Oberschenkel des Helfers.



Abbildung 4: Standard-Methode

2. Überkopf-Methode

Die alternative Variante zur Standard-Methode, die sogenannte Überkopf-Methode, ist aus den Umständen des deutschen Rettungswesens entsprungen. Mitte der 90er Jahre wurde versucht, die Empfehlungen der AHA zur CPR in

Deutschland 1:1 umzusetzen. Die Grundlage bildete der AHA Mega-Code. Diese Bezeichnung beschreibt einen CPR-Ablauf nach einem festgelegten Algorithmus, der immer wieder in meist festen Teams trainiert wird. In regelmäßigen Abständen erfolgt eine Zertifizierung der Helfer als Erfolgskontrolle. Bei der Umsetzung ergab sich eine Reihe von Problemen, wie in der Tabelle 2 dargestellt.

Die in Tabelle 2 beschriebenen Faktoren veranlassten eine Gruppe von Ausbildern an der Rettungsdienstschule Goslar, Niedersachsen, über ein anderes Reanimationsmanagement nachzudenken. Diese Überlegungen bildeten die Grundlage für die Entwicklung der Überkopf-Methode. Anschließend wurden an der genannten Rettungsdienstschule bis Anfang des Jahres 2000 beide Methoden von den Ausbildern gelehrt und in der Praxis angewandt. Evaluationen und Analysen durch Teilnehmer, Notärzte und Ausbilder ergaben eine durchweg positive Bilanz und sogar eine gesteigerte Effektivität der Überkopf-Methode (Burrows 1995).

Tabelle 2

Faktoren, die die Einführung des AHA Mega-Codes erschwerten

1. Keine festen Teams aufgrund unterschiedlicher rettungsdienstlicher Strukturen
2. Zum Teil erhebliche Qualifikationsunterschiede der rettungsdienstlichen Helfer
3. Umstände im Rettungsdienst anders als im Krankenhaus (Platzverhältnisse, Licht, zur Verfügung stehendes Personal usw.)
4. Reanimationsmaßnahmen werden häufig von zwei nicht ärztlichen rettungsdienstlichen Mitarbeitern eingeleitet und über längere Zeit durchgeführt
5. Alle o.g. Faktoren erzeugen Stress, der durch einen modifizierten Ablauf reduziert werden kann

Quelle: (Burrows 1995)

Bei der sogenannten Überkopf-Methode werden die manuelle Thoraxkompression und die Beutel-Masken-Beatmung im Wechsel von dem am Kopf sitzenden Helfer übernommen, ohne dass er seine Position am Patienten ändert (Abbildung 5a & b). Der zweite Helfer kümmert sich ausschließlich um die erweiterten Maßnahmen und ist an der eigentlichen Basisreanimation nicht beteiligt.

Als Vorteil betont wird dabei der enorme Zeitgewinn für die ALS-Vorbereitung gegenüber der Standard-Methode bei der Zweihelfer-Reanimation (Gliwitzky et al. 2001). Weiterhin wird von den Helfern häufig erwähnt, dass es durch die Überkopf-Methode in beengten Situationen wesentlich einfacher und stressfreier ist, eine senkrechte Thoraxkompression und eine regelrechte Beatmung durchzuführen als durch die Standard-Methode, während sich der zweite Helfer mit dem Equipment beispielsweise auf dem Flur befindet und von dort zuarbeitet (Burrows 1995, Gliwitzky et al. 2001). Nach Ansicht der Helfer bleibt mehr Platz, um Geräte beim Patienten zu positionieren (Defibrillator, Beatmungsgerät, Absaugpumpe, etc.); diese sind bei Bedarf sofort einzusehen und einsatzbereit.



Abbildung 5a & b: Überkopf-Methode

2.7 Bisherige Studien zum Vergleich der Standard-Methode mit der Überkopf-Methode

Es gibt eine Vielzahl von Studien, die sich mit der Effektivität und Qualität der Überkopf-Reanimation im Vergleich zur Standard-Reanimation beschäftigt haben. Diese Studien sind größtenteils vor der Veröffentlichung der ERC-Leitlinien 2005 durchgeführt worden und beziehen sich auf ein Kompressions-Beatmungs-Verhältnis von 15:2, wie es in den Leitlinien aus dem Jahre 2000 beschrieben wurde. Des Weiteren konzentriert sich die Mehrzahl dieser Untersuchungen auf Einhelfer-Methoden.

Eine Studie von *Maier et al.* aus Wien aus dem Jahr 2002 untersuchte, ob die Überkopf-Methode konform den damals gültigen ERC-Leitlinien 2000 war (Maier et al. 2002). Aus ihren Daten schlossen *Maier et al.*, dass die Überkopf-Methode eine effektive CPR-Methode in der professionellen Einhelfer-Reanimation mit Beutel-Masken-Beatmung im Rahmen der ERC-Leitlinien 2000 darstellt.

Gliwitzky et al. untersuchten im Jahr 2001 und weiteren Publikationen dieser Daten 2002 und 2003, ob es zwischen der Überkopf-Methode und der Standard-Methode signifikante Unterschiede gibt (Gliwitzky et al. 2001, Wolcke et al. 2002, Gliwitzky und Kohlmann 2003). Das war für die durchschnittliche Hands-off-Zeit, die Anzahl der Thoraxkompressionen und die Zeit vom Reanimationsbeginn bis zur Ableitung eines EKGs der Fall. Bei der Überkopf-Methode zeigte sich eine signifikant schnellere Defibrillationsbereitschaft. Daraus ergab sich für *Gliwitzky et al.* die Frage nach einer weiterführenden Untersuchung, nämlich ob in der Überkopf-Methode eine Frühdefibrillation mehr Gewicht hat als in der Standard-Methode die signifikant besseren Werte bei der Anzahl der Thoraxkompressionen und der Hands-off-Zeit.

Handley und Handley führten 2003 eine Simulator-Studie durch zu der Frage, wo sich ein Helfer bei der Thoraxkompression am Patienten platzieren muss (Handley und Handley 2004). Aufgrund der Datenlage empfahlen sie die alternativen Methoden zur Standard-Methode (Überkopf und Überbecken, siehe auch Tabelle 3) nur für sehr beengte räumliche Verhältnisse und für erfahrene Helfer.

Perkins et al. untersuchten 2003, ob die Einhelfer-Überkopf-Methode bei einer CPR in beengten räumlichen Verhältnissen eine Alternative zur Einhelfer-Standard-Methode darstellt (Perkins et al. 2004). Sie werteten ihre Ergebnisse so, dass die Überkopf-Methode eine gute Alternative zur Standard-Methode sei. Jedoch sprachen sich die Autoren gegen eine Ablösung der Standard-Methode als Routinemethode aus.

Hüpfl et al. führten 2005 eine Untersuchung zu der These durch, dass eine Überkopf-Position unter schwierigen räumlichen Bedingungen für professionelle Helfer qualitativ bessere Ergebnisse im BLS ergibt (Hüpfl et al. 2005). Aufgrund der Ergebnisse empfahlen *Hüpfl et al.* die Überkopf-Methode als Alternative zur Standard-Methode, wenn beengte räumliche Verhältnisse vorliegen.

Bollig et al. veröffentlichten 2007 eine Studie zur Überkopf-Reanimation, die von professionellen Helfern durchgeführt worden war (Bollig et al. 2007). Die Autoren schlossen aus ihren Ergebnissen, dass die Qualität der CPR bei der Überkopf-Methode und der Standard-Methode gleich war. Die Überkopf-Methode stellte für *Bollig et al.* eine Alternative zur Standard-Methode im Szenario einer CPR dar, wenn der zweite Helfer sich um erweiterte Maßnahmen kümmere und nicht aktiv an der Thoraxkompression oder Beatmung teilnehme.

Maisch et al. untersuchten im Jahr 2009 in einer Studie mit Laienhelfern (Medizinstudenten), ob sich Unterschiede in der Qualität der CPR zwischen der Zweihelfer-Standard- und der Zweihelfer-Überkopf-Methode ergeben (Maisch et al. 2010). Die Standard-Methode war der Überkopf-Methode in fast allen Punkten signifikant überlegen: Eine größere Anzahl an Thoraxkompressionen, eine höhere Rate an korrekt durchgeführten Thoraxkompressionen, mehr Beatmungen und eine signifikant kürzere Hands-off-Zeit. Bei der Überkopf-Methode zeigten sich vermehrt inkorrekte Beatmungen und falsche Thoraxkompressionen.

In Tabelle 3 sind die Studien zur Überkopf-Methode im Vergleich zur Standard-Methode zusammengefasst.

Tabelle 3

Autor	Leitlinie	Studiendesign	Methode	Ergebnisse
Maier et al. (Maier et al. 2002)	ERC-Leitlinien 2000	Prospektive Studie mit 15 Rettungsdienstmitarbeitern	Überprüfung der Konformität der Überkopf-CPR innerhalb der Leitlinien	- Die Parameter der Überkopf- Methode lagen in den von den Leitlinien gesteckten Grenzen, somit volle Konformität
Gliwitzky et al. (Gliwitzky et al. 2001, Gliwitzky und Kohlmann 2003, Wolcke et al. 2002)	ERC-Leitlinien 2000	Randomisierte, prospektive Studie mit 44 Rettungsdienstschülern	Überkopf-Methode (ein Helfer führt die CPR aus, der zweite bereitet die weiterführenden Maßnahmen vor) vs. Zweihelfer-Standard-Methode in einem ALS Algorithmus	- Kein signifikanter Unterschied in der Qualität von Thoraxkompression (korrekte Kompression) und Beatmung (Tidalvolumen) zwischen den beiden Methoden - Die Überkopf-Methode ergab signifikant schnellere Defibrillation als die Standard-Methode - Anzahl der Thoraxkompressionen bei der Überkopf-Methode signifikant kleiner
Handley und Handley (Handley und Handley 2004)	ERC-Leitlinien 2000	Prospektive Studie mit 19 Angestellten einer Fluggesellschaft, die im BLS ausgebildet waren, aber keine Vorkenntnisse in der Überkopf-Methode besaßen	Einhelfer-Überkopf-Methode vs. Einhelfer-Standard-Methode mit einer Mund-zu-Masken-Beatmung (Pocket Mask). Zusätzlich Zweihelfer-Standard-Methode und eine Einhelfer-Methode, bei der der Helfer auf den Beinen des Patienten sitzt, im Sinne einer Überbecken-Methode	- Qualität der Beatmung wurde nicht bewertet - Keine Unterschiede zwischen den Methoden außer mehr falsche Handpositionen bei der Überkopf-Methode (30,4% vs. 7,7% bei der Einhelfer-Standard-Methode)
Perkins et al. (Perkins et al. 2004)	ERC-Leitlinien 2000	Randomisierte Crossover-Studie mit 20 BLS Ausbildern, die keine Kenntnisse in der Überkopf-Methode besaßen	Einhelfer-Überkopf-Methode vs. Einhelfer-Standard-Methode mit einer Mund-zu-Masken-Beatmung durch eine Laerdal Pocket Mask	- Keine Unterschiede zwischen den beiden Methoden in der Qualität von Thoraxkompression und Beatmung, mit der Ausnahme, dass die Handposition bei der Thoraxkompression bei der Überkopf-Methode besser war (76 inkorrekte Kompressionen vs. 300 bei der Standard-Methode)

Autor	Leitlinie	Studiendesign	Methode	Ergebnisse
Hüpfel et al. (Hüpfel et al. 2005)	ERC-Leitlinien 2000	Randomisierte Crossover-Studie mit 67 Rettungsdienstmitarbeitern, die Vorkenntnisse in Beutel-Masken-Beatmung besaßen	Einhelfer-Überkopf-Methode mit Beutel-Masken-Beatmung vs. Einhelfer-Standard-Methode mit Mund-zu-Mund-Beatmung	- Überkopf-Methode mit Beutel-Masken-Beatmung ergab signifikant bessere Beatmungswerte - Zykluszeiten zeigen keinen signifikanten Unterschied - Qualitativ kein Unterschied bei der Thoraxkompression der beiden Methoden
Bollig et al. (Bollig et al. 2007)	ERC-Leitlinien 2000	Randomisierte Crossover-Studie mit 8 Rettungsdienstauszubildenden, die Kenntnisse der Standard-Methode, aber nicht der Überkopf-Methode besaßen, Studie im ALS-Algorithmus	Überkopf-Methode vs. Einhelfer-Standard-Methode, während der zweite Helfer bei der Überkopf-Methode wie auch bei der Standard-Methode nur die weiterführenden Maßnahmen vorbereitete und die CPR von einem einzelnen Helfer durchgeführt wurde	- Keine Unterschiede zwischen den beiden Methoden in der Thoraxkompression, der Beatmung und anderen bewerteten Zeiten, u.a. Hands-off-Zeit
Maisch et al. (Maisch et al. 2010)	ERC-Leitlinien 2005	Randomisierte Crossover-Studie; CPR am Simulator durchgeführt mit 106 Medizinstudenten mit begrenzten CPR Kenntnissen nach BLS Einweisung	Zweihelfer-Überkopf-Methode vs. Zweihelfer-Standard-Methode, Beatmung durch Beutel und Maske	- Signifikant kürzere Gesamt Hands-off-Zeit in der Standard-Methode (25 s vs. 38 s in der Überkopf-Methode) - Signifikant mehr Thoraxkompressionen und Beatmungen in einem zweiminütigen CPR-Intervall bei der Standard-Methode - Signifikant weniger korrekte Thoraxkompressionen und signifikant weniger Beatmungen mit korrektem Tidalvolumen bei der Überkopf-Methode

Bis auf die von *Maisch et al.* wurden alle oben genannten Studien nach den ERC-Leitlinien 2000 durchgeführt. Die Ergebnisse dieser älteren Studien können also nicht unmittelbar in einen Vergleich zu den Ergebnissen der hier vorliegenden Arbeit gebracht werden und sind aufgrund unterschiedlichster Rahmenbedingungen auch untereinander nur schwer vergleichbar. Die Studie von *Maisch et al.* bezog sich als

einzig auf die ERC-Leitlinien 2005. Ziel war es, die Qualität der Durchführung der Standard- und Überkopf-Methode durch Medizinstudierende zu untersuchen. Die Ergebnisse lassen sich daher nicht auf den professionellen Rettungsdienst übertragen. In der Studie von *Maisch et al.* konnte die Zeit bis zur ersten EKG-Ableitung nicht bestimmt werden. Eine zu erwartende Abnahme dieser Zeit bei der Überkopf-Methode wird von vielen Befürwortern der Überkopf-Reanimation als Vorteil gesehen. In der vorliegenden Studie soll daher diesen beiden Fragen nachgegangen werden.

3 Material und Methodik

3.1 Durchführende Stelle und Zeitraum der Datenerhebung

Die Studie wurde von der Klinik für Anästhesiologie des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf geplant und durchgeführt. Die Datenerhebung erfolgte von August 2008 bis Juli 2009. Nach Auskunft der Ethikkommission der Ärztekammer Hamburg war ihre Zustimmung zu der vorliegenden Studie nicht erforderlich. Die Daten, die durch die Probanden über die Fragebögen, Video- und Fotoaufnahmen und die Aufzeichnung aus der Skillreporting-Software geliefert wurden, können nach einer Einverständniserklärung weiter verwendet werden.

Jeder Proband musste eine Abtritts- und Einverständniserklärung unterzeichnen, in der er sich mit der Verwendung der erhobenen Daten aus der Datenerhebung sowie erfolgten Film- und Fotoaufnahmen für spätere Untersuchungen einverstanden erklärte. Dies betraf ebenfalls die persönlichen Daten, die über den Fragebogen ermittelt wurden. Um später keine Rückschlüsse zwischen den Probanden und ihren Daten ziehen zu können, wurden die Einverständniserklärungen, die als einzige den Namen und die Unterschrift des jeweiligen Probanden enthielten, gesondert archiviert. Für die Auswertung wurden alle Daten vollständig anonymisiert verwendet.

3.2 Material

Die Studiendurchführung erfolgte am Reanimationssimulator Resusci Anne Simulator (Laerdal Medical AS, Stavanger, Norwegen), siehe Abbildung 6. Gekoppelt wurde das Phantom per USB an ein Laptop mit Windows Vista Home (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA), auf dem die Software Laerdal PC Skillreporting System in der Version 2.2.1 (Laerdal Medical AS, Stavanger, Norwegen) lief.

In der verwendeten Software-Version 2.2.1 waren die Anforderungen der Leitlinien 2005 integriert. Lediglich die Grenzen für die richtig zu wertenden Beatmungen (Tidalvolumen) wurden neu definiert auf 400-600 ml (gerundet bei 6-7 ml/kg

Körpergewicht (KG) bei 70-80 kg Gewicht des Phantoms), da die internen Grenzen nicht den Voraussetzungen entsprachen. Diese Modifikation wurde für jede Aufzeichnung innerhalb der Datenerhebung verwendet.

Für die manuelle Beutel-Masken-Beatmung wurde ein Laerdal-Beatmungsbeutel mit Beatmungsmaske (Laerdal Silicone Resuscitator mit entsprechender Einweg-Beatmungsmaske der Größe 4, Laerdal Medical AS, Stavanger, Norwegen) verwendet. Zur Messung der Zeitdauer bis zum Anschluss des EKGs und Ableiten eines Herzrhythmus wurde die EKG-Defibrillator-Einheit Lifepack 12 (LP12, PhysioControl, Redmond, Washington, USA) mit 3-Kanal-Ableitung genutzt.



Abbildung 6: Resusci Anne, Leardal Medical AS

3.3 Auswahl der Teilnehmer

Als Teilnehmer der Studie wurden 102 Mitarbeiter aus unterschiedlichen Rettungsdiensten Hamburgs und Umgebung ausgewählt, darunter 83 Männer und 19 Frauen. Die Teilnahme an der Studie war freiwillig.

Die demografische Struktur der Probandengruppe stellte sich wie folgt dar: Das Alter der Teilnehmer betrug im Median 26 Jahre (Spannweite von 18 bis 62 Jahren). Das

Gewicht lag im Median bei 80 kg (Spannweite von 51 bis 128 kg) bei einer Größe von im Median 181 cm (Spannweite von 162 bis 195 cm).

Alle Probanden hatten eine rettungsdienstliche Ausbildung nach deutschem Standard: Von den 102 Teilnehmern waren 69 Personen Rettungsassistenten, 24 Personen Rettungssanitäter und 9 Personen Rettungshelfer. Alle hatten praktische Erfahrung in der CPR-Durchführung, entweder durch jahrelange Praxis im Einsatzgeschehen oder durch intensives Mega-Code-Reanimationstraining. Sie nahmen regelmäßig an klinischen und präklinischen Fortbildungen teil und waren in die präklinische Notfallversorgung involviert. Die Beschäftigungsjahre der Teilnehmer im Rettungswesen wurden im Median mit 6 angegeben (Spannweite 0 bis 38 Jahre). Die Anzahl der durchgeführten Reanimationen betrug im Durchschnitt 42 (Spannweite von 1 bis 500). 90% der Teilnehmer hatten Erfahrung in der Überkopf-Methode. Keiner der Teilnehmer erfüllte Kriterien, die zum Ausschluss aus der Studie geführt hätten. Tabelle 4 zeigt die Auflistung der Ausschlusskriterien.

Tabelle 4

Ausschlusskriterien der Probanden

1. Physische Beeinträchtigung oder Behinderung, die eine regelhafte Durchführung einer Reanimation nicht ermöglicht
 2. Aktuelle Krankheit, die die momentane Leistungsbereitschaft beeinträchtigt
 3. Keine Kenntnis der ERC-Leitlinien 2005
 4. Fehlende regelmäßige Teilnahme an Fachfortbildungen
 5. Letzte Reanimation am Phantom oder Patienten vor mehr als 3 Monaten
-

3.4 Studiendesign

Für die Datenerhebung der Zweihelfer-Methode sollten zwei unterschiedliche CPR-Positionen, die Standard-Methode und die Überkopf-Methode, innerhalb der Studie untersucht werden. Es wurde sich dabei nur auf den BLS konzentriert, da bei einer präklinischen CPR in einer überwiegenden Anzahl der Fälle die CPR erst nach

5 Minuten begonnen werden kann. Diese Zeitverzögerung ist in der Anfahrt der Rettungsmittel begründet. In genau diesen Situationen empfohlen die zum Studienzeitpunkt aktuellen ERC-Leitlinien 2005 bei persistierendem Kammerflimmern eine Basisreanimation für zwei bis drei Minuten, bevor die Defibrillation zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt (Deakin und Nolan 2005).

Die Reanimationsstudie wurde im Cross-Over-Studien-Design durchgeführt. Das bedeutet, dass von demselben Probanden hintereinander die verschiedenen Reanimationsmethoden bzw. -positionen durchgeführt wurden. Wichtig dabei war, dass die Reihenfolge der zu bearbeitenden Aufgaben randomisiert war. Damit wurde gewährleistet, dass Folgen und Abhängigkeiten der einzelnen Aufgaben voneinander vermieden wurden. Die Randomisierung erfolgte mit Hilfe einer Tabelle in Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA).

Die Teilnehmer erhielten vor der Datenerhebung eine 20minütige theoretische Einführung zum Hintergrund und zur Durchführung der Studie. Es wurde anhand einer Powerpoint-Präsentation das ILCOR und die Zusammenarbeit mit dem ERC erläutert und Entwicklung und momentaner Stand der ERC-Leitlinien 2005 erklärt. Auf dieser Basis wurde dann der CPR-Algorithmus vorgestellt und die Durchführung der Standard- und Überkopf-Methode anhand von Bildern und kurzen Videosequenzen gezeigt. Eine offene Fragerunde beendete die theoretische Einführung. Anschließend wurden Teams von je zwei Studienteilnehmern gebildet. Dabei wurde auf eine sinnvolle Kombination der Teilnehmer geachtet, möglichst immer ein erfahrener Helfer in einem Team. Bevor die Teams mit der Datenerhebung begannen, hatte jeder der Studienteilnehmer zehn bis fünfzehn Minuten Zeit, selbstständig oder im Team am Reanimationssimulator zu üben. Dabei ging es weniger um den Ablauf der Reanimation als um das Kennenlernen der Eigenarten des Simulators. Wichtige Punkte für eine korrekte Reanimation am Simulator waren die richtige Reklination des Kopfes, dichte Passform der Beatmungsmaske sowie Vermeidung von Fehlerquellen beim Druckpunkt.

Das Hauptaugenmerk bei der 15minütigen Übungsphase lag auf der Überkopf-Methode. Die Zweihelfer-Standard-Methode musste nicht sehr ausgiebig geübt werden, da jeder

Studienteilnehmer diese Methode durch seine Ausbildung beherrscht. Die Standard-Methode wird an allen Rettungsdienstschulen bundesweit gelehrt und auch bei den regelmäßigen Fort- und Weiterbildungen unterrichtet. Für die Überkopf-Methode wurde jedem Teilnehmer einmal die korrekte Position mit den Knien neben dem Kopf des Patienten erläutert und gezeigt, wie die Hände auf dem Sternum des Patienten platziert werden sollen, um einen optimalen Druck auf den Thorax zu übertragen, siehe Abbildung 7.



Abbildung 7: Handposition bei Überkopf-Methode

Die Teams wurden anschließend ihren Positionen analog der vorher erstellten randomisierten Reihenfolge zugeteilt und begannen auf ein Startsignal hin mit der Reanimation, entsprechend den ERC-Leitlinien 2005 für den BLS (Handley et al. 2005). Parallel wurde die Aufzeichnung durch die Skillreporting Software gestartet, siehe Abbildung 8.

Eine Vergleichbarkeit der aufgezeichneten Daten konnte durch die Verwendung eines Metronoms gewährleistet werden. Dieses gab eine Frequenz für die Thoraxkompressionen von 100 Schlägen/Minute vor. Eine Videokamera zeichnete alle Aktionen während der Datenerhebung für zwei Minuten auf.

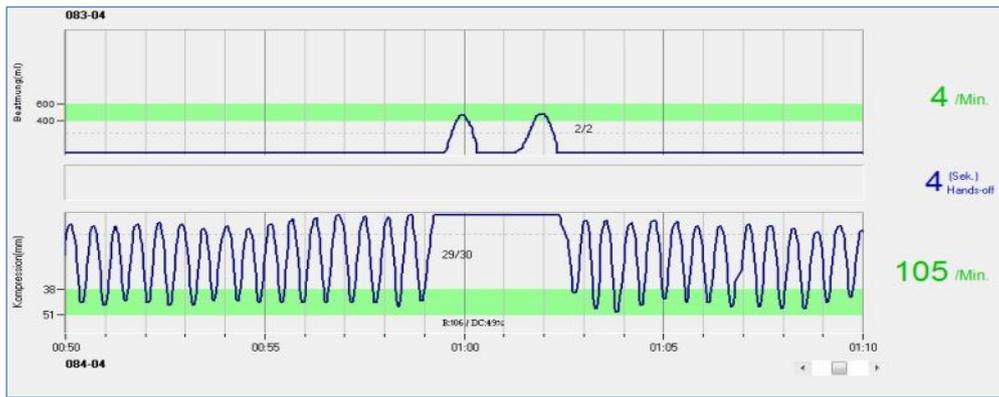


Abbildung 8: Aufzeichnung der Laerdal SkillReporting Software

In Kapitel 2.2 wurden die Parameter genannt, die eine Rolle in der Beurteilung eines BLS spielen. Sie sind wie folgt definiert:

- **Gesamt Hands-off-Zeit**, gemessen in Sekunden (s), als kumulierter Wert über das CPR-Intervall von zwei Minuten.
- **Anzahl der Kompressionen (n)**, als kumulierter Wert aller Kompressionen im CPR-Intervall von zwei Minuten.
- **Frequenz der Kompression**, gemessen in 1/min, beschreibt die durchschnittliche Kompressionsfrequenz im CPR-Intervall von zwei Minuten.
- **Korrekte Kompressionen**, gemessen als Anzahl (n), mit den Parametern korrekte Kompressionstiefe 40-50 mm, korrekte Handposition und komplette Entlastung im Intervall von zwei Minuten.
- **Anzahl der Beatmungen (n)** im CPR-Intervall von zwei Minuten.
- **Korrekte Beatmung** als Anzahl (n) mit einem Tidalvolumen von 400-600 ml.
- **Gesamtvolumen Beatmung**, gemessen in ml, als kumulativer Wert aller Volumina über das CPR-Intervall von zwei Minuten.
- **Zeit für 2 Beatmungen**, gemessen in Sekunden (s), als Äquivalent für die Hands-off-Zeit in einem Zyklus von 30 Kompressionen und 2 Beatmungen.
- **Duty Cycle**, gemessen in Sekunden (s), als Zeitraum vom Beginn eines Kompressionszyklus bis zum Beginn des folgenden.
- **Zeit bis zur EKG-Ableitung**, gemessen in Sekunden (s), von Beginn der CPR.

In Tabelle 5 sind die Parameter aufgelistet, die in der vorliegenden Studie durch das Laerdal PC Skillreporting System aufgezeichnet wurden.

Tabelle 5

Parameter	Kriterium für Bewertung als korrekt
Kompressionsfrequenz pro Minute	90-110 /min
Kompressionstiefe	40-50 mm
Handposition	automatische Bewertung durch den Simulator
Entlastung zwischen den Kompressionen	vollständig
Duty Cycle	nur Werterfassung
Beatmungsvolumen	400-600 ml
Anzahl der Beatmungen	nur Werterfassung
Zeitintervall zweier Beatmungen/ Hands-off-Zeit	nur Werterfassung
Dauer einer einzelnen Beatmung	nur Werterfassung
Inspiratorischer Flow	nur Werterfassung
Verhältnis Thoraxkompressionen zu Beatmungen	30:2

Die Zeit bis zum Anschluss des EKGs wurde manuell aufgezeichnet. Startpunkt war der Beginn der CPR, Endpunkt das Einschalten des EKG-Geräts.

Aus der Vielzahl der Parameter, die innerhalb einer Reanimation aufgezeichnet und bewertet werden können, haben die folgenden eine gute Aussagekraft, um eine Angabe über ein mögliches positives Outcome für den Patienten treffen zu können. Diese finden ebenfalls in den zahlreichen zitierten Studien Anwendung. Durch die schwerpunktmäßige Auswertung dieser Parameter innerhalb der vorliegenden Studie

kann eine zuverlässige Aussage über die Qualität der Wiederbelebung und eine Bewertung der beiden untersuchten Methoden getroffen werden.

a. Hands-off-Zeit

Dieser Parameter beschreibt die Zeit, in der keine Herzdruckmassage stattfindet und so die koronare und zerebrale Minimalperfusion, die durch die Thoraxkompression aufgebaut wird, zum Erliegen kommt. Sie ist die gemessene Zeit der Unterbrechung der Thoraxkompressionen. Je kleiner die Hands-off-Zeit ist, umso positiver wirkt sich dies auf das Patienten-Outcome aus.

b. Gesamt gezählte Kompressionen

Dieser Wert beinhaltet die Anzahl an Kompressionen, die insgesamt über den Zeitraum der Reanimationsdauer, im BLS-Schema 2 Minuten, durchgeführt werden. Thoraxkompressionen wurden vom System als inkorrekt bewertet, wenn folgende Zustände eintraten:

- Drucktiefe inkorrekt (<40 mm oder >50 mm)
- inkorrekte Handposition (zu weit oben, zu weit unten, zu weit links, zu weit rechts)
- unvollständige Entlastung

Dabei kann es auch zu Kombinationsfehlern, also beispielsweise eine Kompressionstiefe >50 mm zusammen mit einer falschen Handposition, kommen.

c. Durchschnittliches Beatmungsvolumen

Mit diesem Parameter wird das durchschnittliche Beatmungsvolumen pro Beatmungshub beschrieben. Dieses sollte nach den ERC-Leitlinien 2005 bei 6-7 ml/kg Körpergewicht (KG) liegen, d.h. für einen 70-80 kg schweren Patienten zwischen 400 und 600 ml.

d. Anzahl der erfolgten Beatmungen

Hierbei wird beschrieben, wie viele Beatmungen innerhalb des Reanimationszeitraums von zwei Minuten durchgeführt werden konnten. Innerhalb einer Kompressionspause beim Verhältnis 30:2 wurden je zwei Beatmungen durchgeführt. Je nachdem, wann die Reanimation nach zwei Minuten unterbrochen wurde, kam es ggf. zu ungeraden Gesamtwerten.

e. Zeit bis zum Anschluss eines EKG/Defibrillators

Die Erfassung der Zeit bis zur Ableitung eines EKG-Bildes erfolgte mittels einer Stoppuhr. Der Startpunkt war der Beginn des zweiminütigen Reanimationsintervalls. Sobald der verwendete Defibrillator ein Bild zeigte und dies durch einen langen Signalton hörbar machte, wurde die Zeit gestoppt.

Nach einer effektiven Reanimationsdauer von zwei Minuten, ermittelt durch die interne Uhr der Software, wurde die Datenaufzeichnung beendet. Dabei wurde nicht auf eine Vollendung der unterschiedlichen Zyklen geachtet (vollendete 30 Kompressionen oder 2 Beatmungen), sondern im Zyklus unterbrochen. Während dieser zwei Minuten zeichnete die Software alle Daten zur Thoraxkompression und Beatmung auf und wertete diese im Rahmen der ERC-Leitlinien 2005 als korrekt oder nicht korrekt. Bevor die Teams sich mit der nächsten vorgesehenen Reanimation beschäftigten, hatten sie fünf bis zehn Minuten Zeit, sich körperlich zu erholen. Die Teilnehmer wurden nicht über ihre Parameter informiert, so dass sie im Hinblick auf die Ergebnisse verblindet waren. Auch wurden aktuelle Stände der Auswertungen nicht mitgeteilt, um Verfälschungen zu verhindern.

Nach Studiendurchführung füllte jeder Proband einen Fragebogen (siehe Anhang) aus, in dem neben demografischen Daten der Probanden auch der Ausbildungs- und Erfahrungsstand sowie die Beurteilung der beiden in dieser Studie durchgeführten CPR-Methoden erfasst wurden.

Die Daten wurden nach Abschluss der Datenerhebungen mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS 11.5 (SPSS Inc., Chicago, USA) ausgewertet. Die Daten wurden als nicht normalverteilte mittels Friedman-Test zur Reduktion des Signifikanzlevels und post-hoc mittels Wilcoxon-Rangsummentest analysiert. Die Darstellung der Daten erfolgte als Gesamtzahl oder als Median (mit Interquartilenabstand). Die p-Werte $< 0,05$ wurden als statistisch signifikant angesehen. Sie beziehen sich auf die Gesamtverteilung der Daten. Daher können Unterschiede von Messreihen selbst bei gleichem Median signifikant sein.

4 Ergebnisse

4.1 Auswertung der Reanimationsversuche

4.1.1 Thoraxkompression

Bei der Gesamt Hands-off-Zeit wurden in der Standard-Methode signifikant kürzere Zeiten im Vergleich zu der Überkopf-Methode (Median 18 s vs. Median 31 s) erreicht. In der Standard-Methode wurden innerhalb des zweiminütigen Intervalls signifikant mehr Thoraxkompressionen als in der Überkopf-Methode (Median 180 vs. Median 155) durchgeführt (siehe Abbildungen 9 und 10). Auch die Anzahl der korrekt durchgeführten Thoraxkompressionen war bei der Standard-Methode (Median 148) signifikant größer im Vergleich zu der Überkopf-Methode (Median 119).



Abbildungen 9 und 10: Vergleich der Gesamt Hands-off-Zeit und der Anzahl an Thoraxkompressionen in der Standard- und Überkopf-Methode; Daten sind dargestellt als Boxplots mit Median, 75% und 25%, 90% und 10% und 95% und 5% Perzentile; + = $p < 0,05$ zwischen den unterschiedlichen Methoden.

4.1.2 Beatmung und Zeiten bis zur EKG-Ableitung

Bei den Parametern der Beatmung wurden in der Standard-Methode signifikant mehr Beatmungen im zweiminütigen Intervall durchgeführt (Median 10) als in der Überkopf-Methode (Median 10). Die Ursache für die gleichen Mediane, trotz des signifikanten Unterschieds bei einem $p < 0,001$, liegt in der geringen Varianz der erhobenen Daten

Für jeden erhobenen Parameter innerhalb der Gruppen ist separat für die Standard- und Überkopf-Methode der Median dargestellt und in Klammern die jeweilige Spannweite der Daten in Form der ersten und dritten Quartile. Dieser 25% und 75% Interquartilenabstand beschreibt die Streuung der Daten, wobei genau 50% der Werte erfasst sind. In den Gruppen der Thoraxkompression und der Beatmung sind mit Prozentangaben in eckigen Klammern die Relationen in Bezug auf die Gesamtanzahl der jeweiligen Gruppe dargestellt.

Tabelle 6: Effizienz der Standard- und Überkopf-Methode für Hands-off-Zeit, Thoraxkompression, Beatmung und EKG-Ableitungszeit während der zweiminütigen CPR-Aufzeichnungsdauer.

	Standard-Methode	Überkopf-Methode	p-Wert
<i>Hands-off-Zeit</i>			
Zeit für zwei Beatmungen (s)	3,3 (2,7-3,8)	6,8 (6,2-7,5)	<0,001
Gesamt Hands-off-Zeit (s)	18 (15-20)	31 (28-34)	<0,001
In Relation zur CPR Zeit (%)	14,6 (12,5-16,7)	25,8 (23,3-28,3)	<0,001
<i>Thoraxkompression</i>			
Anzahl Kompressionen	180 (175-185)	155 (150-161)	<0,001
Frequenz der Kompressionen (/min)	106 (105-111)	106 (105-110)	0,422
Korrekte Kompressionen	148 (84-171) [82,2%]*	119 (96-142) [76,8%]*	0,002
Kompressionen Tiefe 40-50 mm	163 (127-175) [90,6%]*	139 (116-149) [89,7%]*	<0,001
Kompressionen Tiefe <40 mm	7 (1-29) [3,9%]*	3 (1-19) [1,9%]*	0,073
Kompressionen Tiefe >50 mm	1 (0-8) [0,6%]*	1 (0-29) [0,6%]*	0,074
Korrekte Handposition	179 (172-184) [99,4%]*	150 (134-156) [96,8%]*	<0,001
Komplette Entlastung	177 (167-182) [98,3%]*	150 (144-158) [96,8%]*	<0,001
Tiefe der Kompressionen (mm)	43 (41-45)	44 (42-48)	0,019
<i>Beatmung</i>			
Anzahl der Beatmungen	10 (10-12)	10 (8-10)	<0,001
Tidalvolumen 400-600 ml	4 (2-7) [40,0%]~	5 (1-6) [50,0%]~	0,114
Tidalvolumen <400 ml	4 (1-8) [40,0%]~	4 (1-7) [40,0%]~	0,114
Tidalvolumen >600 ml	0 (0-2) [0,0%]~	0 (0-2) [0,0%]~	0,377
Tidalvolumen (ml)	424 (342-522)	415 (279-507)	0,163
<i>EKG-Ableitungszeit</i>			
Zeit bis zur EKG-Ableitung (s)	18,2 (15,2-28,3)	18,3 (15,5-21,7)	0,381

*Anteil bezogen auf gesamte Anzahl der Kompressionen

~ Anteil bezogen auf die gesamte Anzahl der Beatmungen

Daten sind dargestellt als Mediane (mit 25% und 75% Interquartilenabstand); p < 0,05 gilt als signifikant

4.2 Auswertung der Fragebögen

Auf die Frage, wie die Gewichtung zwischen der Überkopf- und der Standard-Methode in der Praxis sei, gaben 92 Teilnehmer an, die Überkopf-Methode schon mehr als einmal bei einer CPR angewendet zu haben. Im Median wurde die Antwort „überwiegend Standard-Methode“ gegeben.

In Abbildung 13 bilden die Antworten des Fragebogens „ausschließlich Standard-Methode“ (10%) und „überwiegend Standard-Methode“ (47%) zusammen 57%. Dem gegenüber kommen die Antworten, die die Überkopf-Methode als Hauptmethode beschreiben, also „ausschließlich Überkopf-Methode“ (2%) und „überwiegend Überkopf-Methode“ (5%) auf zusammen nur 7%. Es lässt sich deutlich erkennen, dass der Schwerpunkt in der praktischen Anwendung bei der Standard-Methode liegt. Interessant ist dabei der Anteil der Antworten „teils Standard-, teils Überkopf-Methode“ von 36%, da laut dieser Daten rund ein Drittel der Teilnehmer beide Methoden gleichwertig in der Praxis anwenden.

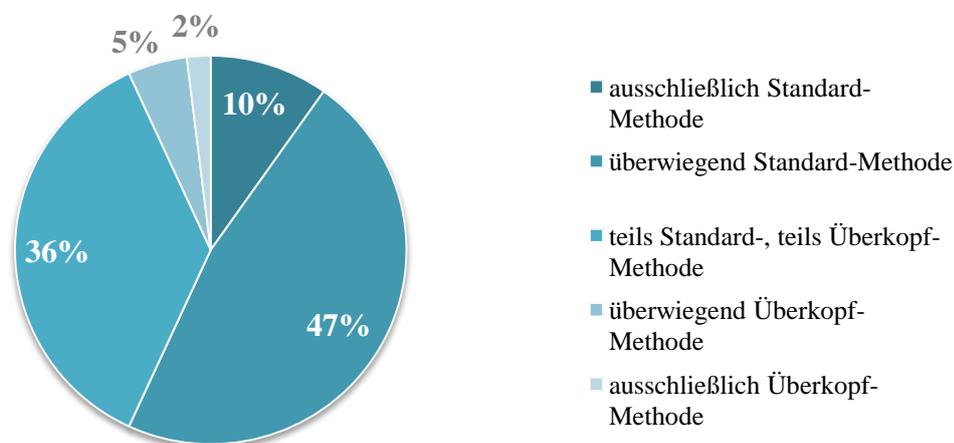


Abbildung 13: Gewichtung Überkopf- zu Standard-Methode in der präklinischen Praxis

63 Probanden (entsprechend 61,8%) beantworteten die Frage nach einer Präferenz in der Zweihelfer-Reanimation mit der Standard-Methode, 34 Probanden (entsprechend 33,3%) entschieden sich für die Überkopf-Methode, die restlichen 5 Probanden (entsprechend 4,9%) hatten keine Präferenz bezüglich einer der beiden möglichen Methoden. Abbildung 14 stellt die Relationen grafisch dar.

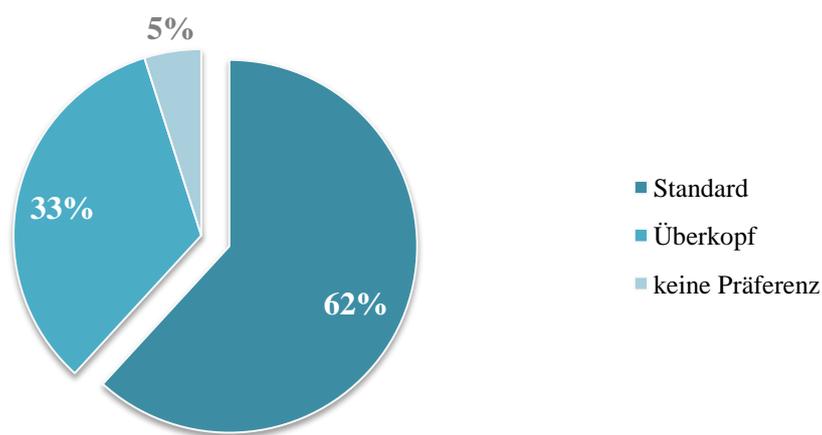


Abbildung 14: Präferenz der Zweihelfer-CPR der Probanden

5 Diskussion

Im Folgenden soll zunächst diskutiert werden, warum die Ergebnisse dieser Studie einen wesentlichen Fortschritt gegenüber denen der bisherigen Studien bedeuten. Dabei werden sowohl die andersartigen Rahmenbedingungen besprochen als auch die ermittelten Daten miteinander verglichen. Im zweiten Teil der Diskussion wird dann die klinische Relevanz der Ergebnisse anhand von ausgewählten Studien belegt.

5.1 Vergleich der eigenen Ergebnisse mit der Literatur

Beim Vergleich der drei wichtigen Parameter „Gesamt Hands-off-Zeit“, „Anzahl Thoraxkompressionen“ und „Anzahl Beatmungen“ zeigte sich ein signifikanter Vorteil der Standard-Methode gegenüber der Überkopf-Methode. Die Überkopf-Methode führte entgegen der Erwartungen nicht zu einer signifikanten Verkürzung der „Zeit bis zur EKG-Ableitung“.

Bei der Studie von *Gliwitzky et al.* und den darauf folgenden Publikationen wurde ein ähnliches Probandenkollektiv ausgewählt wie in der vorliegenden Studie. Zwar waren es keine Rettungsdienst-Mitarbeiter mit zum Teil langjähriger Erfahrung, sondern Schüler und Auszubildende einer Rettungsdienstschule. Dennoch verfügten sie über einen gewissen theoretischen und praktischen medizinischen Hintergrund. Das Ergebnis der Studie von *Gliwitzky et al.* beinhaltete, dass es keine signifikanten Unterschiede bei der Beatmung im Hinblick auf das Tidalvolumen gab und auch keine signifikanten Unterschiede in den korrekt durchgeführten Thoraxkompression zwischen den beiden untersuchten Methoden. Die signifikanten Unterschiede zeigten sich in der durchschnittlichen Hands-off-Zeit aus aller im CPR-Intervall erfassten Beatmungspausen (Standard-Methode im Median 3,7 s vs. Überkopf-Methode im Median 7,5 s; $p < 0,0001$), der Anzahl der Thoraxkompressionen (Standard-Methode 63,2 /min vs. Überkopf-Methode 47,9 /min; $p < 0,0001$) und der Zeit vom Reanimationsbeginn bis zur Ableitung eines EKGs (Standard-Methode durchschnittlich 50,4 s [Minimum 36 s; Maximum 100 s] vs. Überkopf-Methode 27,6 s [16 s / 40 s]). Hier wurde manuell die Zeit von der Feststellung des Kreislaufstillstandes bis zur EKG-Analyse festgehalten.

Auszüge der Daten sind in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 7: Auszüge aus den Daten von Gliwitzky et al.

	Standard-Methode	Überkopf-Methode	p-Wert
Hands-off-Zeit (s)	3,7	7,5	<0,0001
Anzahl Kompressionen (/min)	63,2	47,9	<0,0001
Frequenz der Kompressionen (/min)	103 [91/111]	104 [92/115]	0,2600
Korrekte Kompressionen (%)	83,2 [49/99]	89,1 [42/100]	0,1000
Korrekte Beatmungen (%)	69,9	72,2	0,7500
Zeit bis zur EKG-Ableitung (s)	50,4 [36/100]	27,6 [16/40]	<0,0001
Zeit bis zur Defibrillation (s)	62,8 [45/114]	39,8 [16/40]	<0,0001

Die Daten sind dargestellt als Durchschnittswerte in Sekunden bzw. durchschnittliche Anzahl pro Minute und als Prozentzahlen vom Gesamtwert; in eckigen Klammern sind die Minimal- und Maximalwerte dargestellt; $p < 0,05$ gilt als signifikant und der entsprechende Datensatz ist fett markiert.

Quelle: (Gliwitzky et al. 2001)

Bei Betrachtung der Hands-off-Zeiten bei *Gliwitzky et al.* fällt auf, dass hier analog zu den vorliegenden Studiendaten die Standard-Methode eindeutig bessere Ergebnisse als die Überkopf-Methode erzielte. Ein Vergleich der absoluten Zahlen zeigt, dass die Hands-off-Zeiten aus der Studie von *Gliwitzky et al.* und der vorliegenden ähnlich sind, obwohl *Gliwitzky et al.* mit einem anderen Kompressions-Beatmungs-Verhältnis arbeiteten. Diese Resultate sprechen in beiden Fällen für die Standard-Methode:

- Standard-Methode bei *Gliwitzky et al.* 3,7 s vs. Standard-Methode bei der vorliegenden Studie 3,3 s
- Überkopf-Methode bei *Gliwitzky et al.* 7,5 s vs. Überkopf-Methode bei der vorliegenden Studie 6,8 s

Auch *Gliwitzky et al.* stoppten die Zeit bis zum Anschluss eines EKGs und nahmen diese als Indikator dafür, wie schnell erweiterte Maßnahmen bei der Standard- oder Überkopf-Methode durchzuführen sind. Während bei den Daten dieser Studie kein signifikanter Unterschied feststellbar war, differierten die Zeiten bei *Gliwitzky et al.* doch erheblich:

- Standard-Methode bei *Gliwitzky et al.* 50,4 s vs. Standard-Methode bei der vorliegenden Studie 18,2 s
- Überkopf-Methode bei *Gliwitzky et al.* 27,6 s vs. Überkopf-Methode bei der vorliegenden Studie 18,3 s

Ein Grund dafür könnte sein, dass die erfahrenen Rettungsdienst-Mitarbeiter in der vorliegenden Studie routinierter mit dem Durchführen der erweiterten Maßnahmen waren und viel mehr Erfahrung in der Teamarbeit bei einer CPR hatten. In der Gliwitzky-Studie waren es Auszubildende, die noch nicht auf jahrelange Erfahrung zurückgreifen konnten. Dies würde auch erklären, warum die Zeiten bei der Überkopf-Methode der Gliwitzky-Studie ca. 50% länger sind, als in der vorliegenden. *Gliwitzky et al.* leiteten aus ihren Daten eine schnellere Defibrillationsbereitschaft bei der Überkopf-Methode ab und kamen damit zu der Frage, welcher Faktor die größere Bedeutung hat: Die kürzeren kompressionsfreien Intervalle oder eine schnellere Defibrillation (*Gliwitzky et al.* 2001).

Die Studie von *Maisch et al.* hatte ein fast identisches Szenario für die Studiendurchführung als Grundlage wie die vorliegende, weshalb näher auf sie eingegangen werden soll. Hier galten die ERC-Leitlinien 2005 als Rahmenbedingungen und es wurde nur ein zweiminütiger BLS am Simulator mit einer Beutel-Masken-Beatmung bewertet. Die Unterschiede lagen in der Auswahl der Teilnehmer. Im Gegensatz zu *Maisch et al.* waren die Probanden in der vorliegenden Studie nicht ungeübte Medizinstudenten, die in einem ca. zweistündigen Seminar die Durchführung der CPR lernten, sondern Rettungsdienstmitarbeiter mit praktischer Erfahrung. Alle Teilnehmer der Studie von *Maisch et al.* hatten in den vergangenen Jahren in der Standard-Methode die CPR erlernt, beispielsweise im Rahmen des Erste-Hilfe-Kurses für das Medizinstudium. Die Überkopf-Methode jedoch wurde den Teilnehmern erst kurz vor der Datenerhebung theoretisch erläutert, praktisch vorgeführt und kurzzeitig praktisch trainiert. Ein weiterer Unterschied war die zusätzliche Aufzeichnung der Zeit bis zum Anschluss eines EKGs und damit der Ableitung des Herzrhythmus, die in der Studie von *Maisch et al.* keine Berücksichtigung fand. Die Ergebnisse der Studie von *Maisch et al.* waren eindeutig (vergleiche Tabelle 8). Die Standard-Methode war der

Überkopf-Methode in fast allen Punkten signifikant überlegen: Eine größere Anzahl an Thoraxkompressionen (167 Standard-Methode vs. 142 Überkopf-Methode; $p < 0,001$), eine höhere Rate an korrekt durchgeführten Thoraxkompressionen (42,0% Standard-Methode vs. 32,2% Überkopf-Methode; $p = 0,004$), mehr Beatmungen (10 Standard-Methode vs. 8 Überkopf-Methode; $p < 0,001$) und eine signifikant kürzere Hands-off-Zeit (25 s Standard-Methode vs. 38 s Überkopf-Methode; $p < 0,001$); alle Werte beziehen sich auf das zweiminütige CPR-Intervall. Bei der Überkopf-Methode zeigten sich vermehrt inkorrekte Beatmungen und falsche Thoraxkompressionen.

Tabelle 8: Auszüge aus den Daten von Maisch et al.

	Standard-Methode	Überkopf-Methode	p-Wert
Gesamt Hands-off-Zeit (/CPR in s)	25 (22-26)	38 (36-43)	<0,001
Durchschnittliche Hands-off-Zeit (s)	4,8 (4,4-5,4)	9,5 (8,5-10,5)	<0,001
Anzahl Kompressionen (/CPR)	167 (158-176)	142 (132-150)	<0,001
Frequenz der Kompressionen (/min)	103 (99-112)	102 (100-111)	0,700
Korrekte Kompressionen (%)	42,0	32,2	0,004
Korrekte Handposition (%)	100,0	82,0	<0,001
Kompressionstiefe (mm)	42 (37-47)	45 (40-50)	0,020
Anzahl der Beatmungen (/CPR)	10 (10-10)	8 (8-8)	<0,001
Durchschnittliches Tidalvolumen Beatmung (ml)	456 (353-582)	486 (339-588)	0,500

Daten sind dargestellt als Mediane (mit 25% und 75% Interquartilenabstand) pro CPR-Intervall bzw. pro Minute oder als Prozentzahlen vom Gesamtwert; $p < 0,05$ gilt als signifikant und der entsprechende Datensatz ist fett markiert. Quelle: (Maisch et al. 2010)

Wie schon in der Studie von *Gliwitzky et al.* zeigten die Daten von *Maisch et al.* bei den Parametern der Hands-off-Zeit eine Überlegenheit der Standard-Methode gegenüber der Überkopf-Methode:

- Standard-Methode bei *Maisch et al.* 4,8 s vs. Standard-Methode bei der vorliegenden Studie 3,3 s
- Überkopf-Methode bei *Maisch et al.* 9,5 s vs. Überkopf-Methode bei der vorliegenden Studie 6,8 s

Ähnlich wie bei *Gliwitzky et al.* ist der Unterschied am ehesten im Erfahrungsstand der Probanden begründet. Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass routinierte und erfahrene Helfer bei einer CPR hinsichtlich der Hands-off-Zeiten die besten Werte erreichen. Das bestätigt die Wichtigkeit von regelmäßigen Schulungen und Fortbildungen der aktiven Mitarbeiter in diesen Maßnahmen, um die optimalen Werte auf Dauer zu erzielen.

Bei der Anzahl der durchgeführten Thoraxkompressionen im zweiminütigen Intervall bei gleicher Frequenz erreichten die routinierten Probanden höhere Werte als die ungebübten Medizinstudenten. Allerdings waren diese Abweichungen moderat:

- Standard-Methode bei *Maisch et al.* 167 vs. Standard-Methode bei der vorliegenden Studie 180
- Überkopf-Methode bei *Maisch et al.* 142 vs. Überkopf-Methode bei der vorliegenden Studie 155

Damit zeigte sich bei den Thoraxkompressionen ebenso wie bei den Hands-off-Zeiten ein gleiches Verhältnis zwischen Standard-Methode und Überkopf-Methode. Jedoch waren die Werte der vorliegenden Studie deutlich besser und aufgrund der vorangegangenen Ausführungen damit auch effektiver.

Ein ähnliches Bild findet man bei den korrekt durchgeführten Thoraxkompressionen. Die Standard-Methode war nicht nur der Überkopf-Methode überlegen, sondern die professionellen Helfer schnitten auch hier wesentlich besser ab als die Medizinstudenten, was nahe legt, dass die praktische Tätigkeit durch regelmäßiges Training in ihrer Effektivität verbessert werden kann:

- Standard-Methode bei *Maisch et al.* 42,0% vs. Standard-Methode bei der vorliegenden Studie 82,2%
- Überkopf-Methode bei *Maisch et al.* 32,2% vs. Überkopf-Methode bei der vorliegenden Studie 76,8%

Maisch et al. gaben aufgrund ihrer Daten der Standard-Methode den Vorzug. In keiner der erhobenen Daten ließ sich ein Anhalt für eine Überlegenheit der Überkopf-Methode

gegenüber der Standard-Methode feststellen (Maisch et al. 2010). Bei den Parametern der Beatmung zeigte sich in Bezug auf die Gesamtzahl der durchgeführten Beatmungen zwischen der Standard-Methode und der Überkopf-Methode eine statistische Signifikanz zugunsten der Standard-Methode. Bei den erhobenen Tidalvolumina und deren Wertung als korrekt, zu hoch oder zu niedrig, kam es zu keinem signifikanten Unterschied. Diese Ergebnisse decken sich mit den Ergebnissen aus der Studie von *Maisch et al.* Dort zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Unterschied bei der Gesamtzahl der Beatmungen (Standard-Methode Median 10 vs. Überkopf-Methode Median 8; $p < 0,001$) und keine Signifikanz bei der korrekten Wertung der Beatmungsvolumina.

Der Vergleich von Daten der Beatmung sollte jedoch kritisch betrachtet werden. Im Speziellen gilt dies beim Vergleich verschiedener Studien miteinander. Dies liegt darin begründet, dass die Beatmung am Simulator um einiges schwieriger ist als an einem Menschen und die Umstände der Beatmung wegen der vielen Variablen häufig nicht reproduzierbar sind.

Dass die Beatmung neben der Hands-off-Zeit und der Thoraxkompression eine untergeordnete Rolle für den Erfolg der CPR spielt, zeigte schon 2002 eine Studie von *Kern et al.* zur kontinuierlichen Thoraxkompression im Vergleich mit von Beatmungen unterbrochenen Thoraxkompressionen (Kern et al. 2002). Konsequenterweise hat in den aktuellen ERC-Leitlinien 2010 die Beatmung weiter an Bedeutung verloren (Erklärung in den folgenden Abschnitten). Insgesamt ist also die Standard-Methode der Überkopf-Methode überlegen. Damit konnte die Arbeitshypothese verifiziert werden.

Ob diesen Erkenntnissen neben der statistischen Signifikanz eine klinische Bedeutung zukommt, soll im Folgenden diskutiert werden.

5.2 Klinische Bedeutung der Ergebnisse – Thoraxkompression

Innerhalb der hier vorliegenden Studie war die Hands-off-Zeit bei der Standard-Methode wesentlich kürzer als bei der Überkopf-Methode mit einer Zeitdifferenz der durchschnittlichen Hands-off-Zeiten von 3,5 Sekunden (3,3 s vs. 6,8 s; $p < 0,001$) und einer Differenz der durchschnittlichen Gesamt Hands-off-Zeiten innerhalb der zweiminütigen CPR von 13 Sekunden (18 s vs. 31 s; $p < 0,001$). Diese Zeiten sind klinisch relevant, weil die Hands-off-Zeit einer der zentralen Parameter bei der Bewertung einer Reanimation ist. Dies ist unter anderem darin begründet, dass in vielen verschiedenen Studien gezeigt wurde, welchen großen Einfluss dieser Parameter auf das Outcome einer CPR hat. Die Datenlage ist im Folgenden dargestellt.

Yu et al. belegten mit einer Studie an Schweinen, dass die Hands-off-Zeit direkten Einfluss auf den Erfolg der Reanimation hat. Dabei wurden während der Thoraxkompression Unterbrechungen von 3, 10, 15 und 20 Sekunden untersucht. In den Gruppen mit 10 bzw. 15 Sekunden Unterbrechung war die Erfolgsaussicht gegenüber der 3-Sekunden-Gruppe maßgeblich reduziert. Bewertet wurde dies über eine Messung des mittleren arteriellen Blutdruckes (MAP) und der kardialen Ejektionsfraktion (EF) in den folgenden 72 Stunden nach erfolgreicher CPR. In der Gruppe der Hands-off-Zeiten von größer oder gleich 20 Sekunden konnte keine erfolgreiche Wiederbelebung durchgeführt werden. Während der MAP in der 10- und 15-Sekunden-Gruppe signifikant geringer war als in der 3-Sekunden-Gruppe, zeigte sich bei den Schweinen in der 15-Sekunden-Gruppe lediglich eine EF von 70% in den folgenden 72 Stunden gegenüber der 3-Sekunden-Gruppe. Somit scheint eine Hands-off-Zeit von mehr als 10 Sekunden, zumindest bei Schweinen, nachteilig zu sein (Yu et al. 2002).

Eftestol et al. konnten 2002 in einer Studie nachweisen, dass sich die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Defibrillation bei vorherrschendem Kammerflimmern (VF) durch eine längere Hands-off-Zeit verschlechtern. Diese Verschlechterung verlief allerdings nicht proportional zur Dauer der Hands-off-Zeit. Vielmehr nahm die Chance auf eine erfolgreiche Defibrillation im Verlauf der Hands-off Zeit in den ersten Sekunden sehr stark ab, während sie im Folgenden ab einer gewissen Dauer relativ konstant blieb. Besonders eindeutig waren die Ergebnisse immer dann, wenn bei Beginn der CPR eine

gute Prognose für eine erfolgreiche Defibrillation bestand. Dies führte die Autoren zu dem Schluss, dass die Hands-off-Zeit so kurz wie möglich gehalten werden muss (Eftestol et al. 2002).

Die vorangegangenen Quellen zeigen eindeutig, dass eine kürzere Hands-off-Zeit – wie in der vorliegenden Studie gezeigt – ein besseres Outcome des Patienten bedingt. Die Zeiten, die bei der Standard-Methode erreicht wurden, scheinen daher bezüglich eines guten Outcomes erfolversprechender als die Zeiten der Überkopf-Methode.

In der vorliegenden Studie waren die Thoraxkompressionen während der zweiminütigen CPR sowohl hinsichtlich der Anzahl pro Minute bei gleicher Frequenz, als auch der Korrektheit hinsichtlich Kompressionstiefe, Handposition und vollständiger Entlastung bei der Standard-Methode der Überkopf-Methode überlegen. Korrekt waren die Thoraxkompressionen, bei denen alle vorgegebenen Parameter korrekt gewertet wurden. Die Standard-Methode erreichte mit 148 von 180 (82,2%) korrekten Thoraxkompressionen signifikant bessere Werte als die Überkopf-Methode mit 119 von 155 (76,8%) korrekten Thoraxkompressionen. Zwar unterscheiden sich die prozentualen Anteile der beiden Methoden nur um 5,4%, jedoch zeigen die absoluten Zahlen, dass hier eine klinische Relevanz gegeben ist. Dies liegt ursächlich in den kürzeren Hands-off-Zeiten bei der Standard-Methode; hier wurden im zweiminütigen Intervall absolut 25 Kompressionen mehr erreicht (180 vs. 155; $p < 0,001$). Jede der beiden Methoden erbrachte die obigen Werte bei einer durchschnittlichen Frequenz der Kompressionen von 106 Kompressionen pro Minute. Damit ist die Vergleichbarkeit der erhobenen Daten gewährleistet.

Edelson et al. führten den Gedanken der erfolgreichen Defibrillation von *Eftestol et al.* weiter und nahmen neben der Hands-off-Zeit noch den Einfluss eines einzelnen Kompressions-Parameters, der Kompressionstiefe, zur Beurteilung heran. Dabei zeigte sich nicht nur, dass erfolgreiche Defibrillationen bei VF mit kürzerer medianer Hands-off-Zeit assoziiert waren (11,9 s vs. 22,7 s; $p = 0,002$), sondern auch mit vorangegangenen höheren Kompressionstiefen (39 ± 11 mm vs. 29 ± 10 mm; $p = 0,004$). Diese Ergebnisse konnten auf die präklinische und klinische CPR übertragen werden.

Bei einer Abnahme der Hands-off-Zeit von 5 Sekunden stieg die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Defibrillation auf 86%, während bei einer Erhöhung der Kompressionstiefe um 5 mm die Wahrscheinlichkeit der erfolgreichen Defibrillation sogar auf 99% stieg (Edelson et al. 2006). In den Abbildungen 15 und 16 sind diese Relationen grafisch dargestellt.

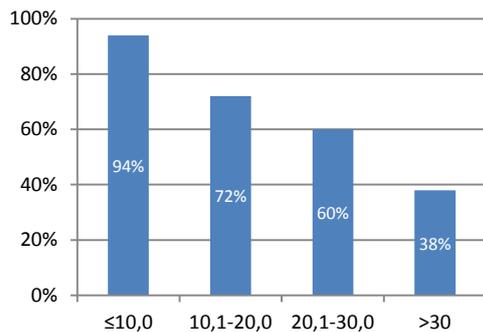


Abbildung 15: Assoziation zwischen Hands-off-Zeit und Defibrillationserfolg
y-Achse: Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Defibrillation
x-Achse: Hands-off-Zeit in Sekunden

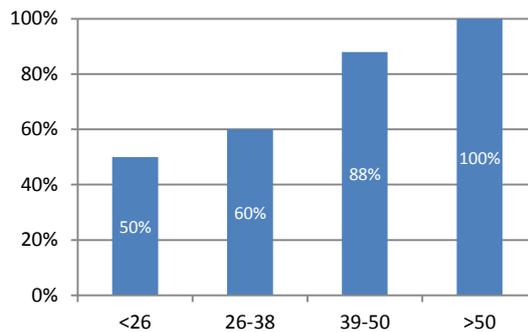


Abbildung 16: Assoziation zwischen Kompressionstiefe und Defibrillationserfolg
y-Achse: Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Defibrillation
x-Achse: Kompressionstiefe in mm

Quelle: (Edelson et al. 2006)

In der vorliegenden Studie wurde die Kompressionstiefe als optimal im Intervall von 40-50 mm angegeben. Dieser Wert entspricht den ERC-Leitlinien 2005. Vor dem Hintergrund der Studie von *Edelson et al.* konnte hieraus auch eine Bedeutung für den Erfolg einer CPR abgeleitet werden. Betrachtet man selektiv den Anteil der Thoraxkompressionen, die nur eine korrekte Tiefe aufweisen und lässt die anderen Parameter außer Betracht, so sind dies bei der Standard-Methode 163 von 180 (90,6%) und bei der Überkopf-Methode 139 von 155 (89,7%). Statistisch ist dieser Unterschied zwar signifikant mit $p < 0,001$, der geringe prozentuale Unterschied von 0,9% zeigt dennoch, dass in beiden Methoden eine optimale Kompressionstiefe in ähnlichem Ausmaß erreichbar ist.

Die Anzahl der Kompressionen zusammen mit ihrer Effizienz ist verantwortlich für einen effektiven Minimalkreislauf. In mehreren Studien wurde bewiesen, dass die

Kompressionsrate einen hohen Stellenwert hat und dass eine Kompressionsfrequenz von mehr als 80 Kompressionen pro Minute notwendig ist, um ein Überleben des Patienten während eines länger andauernden Kreislaufstillstandes zu gewährleisten. Eine optimale Thoraxkompression setzt sich demnach aus der Drucktiefe, der durchschnittlichen Frequenz, den Kompressionen pro Minute und dem Druckpunkt zusammen (Kern et al. 1992, Yu et al. 2002, Wik et al. 2005, Abella et al. 2005).

1992 konnten *Kern et al.* in einer Studie zur Untersuchung der Auswirkungen der Frequenz bei der Thoraxkompression auf das Überleben des Patienten einen klaren Hinweis geben. Als Marker für eine bessere Perfusion wurde das endtidale CO₂ verwendet. Bei einer Erhöhung der Frequenz von 80 auf 120 Kompressionen pro Minute resultierte eine signifikante Erhöhung des endtidalen CO₂ von einem Mittelwert von 13,0±1,8 mmHg auf 15,0±1,8 mmHg. Daraus schlossen die Autoren auf eine höhere Perfusion, konnten aber nicht bewerten, ob es eine klinische Relevanz hat (Kern et al. 1992).

Wik et al. und *Abella et al.* zeigten 2005 die enorme Wichtigkeit der korrekten Thoraxkompression bei genügend hoher Kompressionsfrequenz für einen effektiven Minimalkreislauf und damit für eine erfolgreiche CPR. In beiden Studiensituationen wurden die Parameter bei realen Reanimationen erhoben. Die Vorgabe von 90-120 Kompressionen pro Minute konnte jedoch von den CPR-Teams nicht immer eingehalten werden. Ähnlich verhielt es sich mit der optimalen Kompressionstiefe, die mit 38-51 mm vorgegeben wurde. Beide Autoren forderten, mehr Augenmerk auf die Qualität dieser Parameter zu legen, da sie in ihren Augen wesentlich für den Erfolg der CPR stehen (Wik et al. 2005, Abella et al. 2005).

Neben der korrekten und optimalen Kompressionstiefe und der korrekten Anzahl an Thoraxkompressionen gibt es noch weitere Parameter, die berücksichtigt werden müssen.

Die korrekte Positionierung der Hände bei der Thoraxkompression auf dem Brustkorb des Patienten spielt eine wesentliche Rolle im Hinblick auf Verletzungen durch falsche Thoraxkompressionen. Studien zeigten dabei mögliche Komplikationen (Powner et al. 1984, Krischer et al. 1987). Durch eine nicht optimale Handposition wird der Druck, der über den Handballen auf den Thorax gebracht wird, nicht optimal verteilt. Hier wurde von den Autoren obiger Studien über Frakturen von Sternum und Rippen in bis zu 80% der Reanimationsfälle berichtet.

Eine valide Aussage über diesen Wert ist aber am CPR-Simulator nicht endgültig möglich, weil die Detektion der Handposition selbst bei geringsten Abweichungen als falsch bewertet wird, obwohl diese Abweichungen klinisch keine Auswirkungen hätten. Des Weiteren wird durch den in der Studie verwendeten Simulator ein Handaufsatz in Längsrichtung des Sternums häufiger als korrekt gewertet, als ein Aufsatz quer zum Sternum. Dies ist technisch bedingt und ein Grund dafür, dass in der Überkopf-Methode weniger korrekte Thoraxkompressionen gezählt wurden als in der Standard-Methode (96,8% vs. 99,4%; $p < 0,001$). Alle Probanden richteten sich nach den Leitlinienempfehlungen und setzten die Hände in der Thoraxmitte auf (Handley et al. 2005).

Es darf aber angenommen werden, dass das Abgleiten der Hand bei maximalem Kraftaufwand über den Sternumrand eine größere Rippenverletzung verursacht, als der Druck auf beide Sternumränder mit der hauptsächlichen Krafteinwirkung auf die Sternummitte (Maisch et al. 2010).

5.3 Klinische Bedeutung der Ergebnisse – Beatmung

Während es bei der Hands-off-Zeit und den Parametern der Thoraxkompression große Unterschiede zwischen den beiden untersuchten Methoden gibt, die nach aktueller Studienlage nicht nur statistisch sondern auch klinisch relevant sind, zeigen die Parameter der Beatmung in der vorliegenden Studie bis auf die Anzahl keine signifikanten Unterschiede. Die Anzahl der Beatmungen war bei der Standard-Methode signifikant höher über die Dauer von zwei Minuten (10 vs. 10; $p < 0,001$; statistische

Erklärung in Kapitel 3.4), wobei es in der Qualität der Beatmungen, wie zum Beispiel dem korrekten Tidalvolumen von 400-600 ml pro Atemzug, keine signifikanten Unterschiede gab (40,0% vs. 50,0%; $p=0,114$). Die Anzahl der erfolgten Beatmungen hängt maßgeblich mit der Dauer der Hands-off-Zeit zusammen, da bei kurzer Hands-off-Zeit mehrere Beatmungs-Zyklen im zweiminütigen Intervall untergebracht werden können (Nolan et al. 2005). Nur die Standard-Methode erreichte die empfohlenen 2 Beatmungen pro 4 Sekunden (Handley et al. 2005).

In den mittlerweile aktuellen ERC-Leitlinien 2010 wird die Empfehlung zum geringeren Stellenwert der Beatmung bei einer CPR analog zu den ERC-Leitlinien 2005 konsequent weitergeführt. Die Handlung soll nach dem CAB-Schema (Kompression-Atemwege-Beatmung) ablaufen (Koster et al. 2010). In den ERC-Leitlinien 2005 wurde schon die Empfehlung gegeben, das bis dato anerkannte ABC-Schema (Atemwege-Beatmung-Kompression) zu verlassen und mit der Thoraxkompression zu beginnen (Handley et al. 2005).

5.4 Klinische Bedeutung der Ergebnisse – Zeit bis zur EKG-Ableitung

Die Zeit bis zum Ableiten eines EKGs lässt in der vorliegenden Studie zwischen Standard-Methode und Überkopf-Methode keinen signifikanten Unterschied erkennen (18,2 s vs. 18,3 s; $p=0,381$). Dieses Ergebnis ist von zentraler Bedeutung. Bisher wurde die Überkopf-Methode gerade auch deswegen favorisiert, weil sie einen Zeitgewinn gegenüber der Standard-Methode bringen sollte (Gliwitzky et al. 2001). Dadurch sollten die erweiterten Maßnahmen oder eine Defibrillation schneller vorbereitet und durchgeführt werden können. Dies ist mit den vorliegenden Daten widerlegt.

Die Bedeutung der frühen Defibrillation wird in der Literatur kontrovers diskutiert: Zur frühen Defibrillation bei lang andauerndem Kammerflimmern fanden *Cobb et al.* heraus, dass der Erfolg einer CPR und das neurologische Outcome verbessert werden können, wenn vor der Defibrillation eine 90 Sekunden CPR durchgeführt wird. Voraussetzung war ein bereits seit vier Minuten oder länger andauerndes Kammerflimmern (Cobb et al. 1999). Eine Untersuchung von *Berg et al.* ging noch

etwas weiter und belegte am Schweinemodell, dass nach dreiminütiger CPR mit anschließender Defibrillation ein häufiges Ereignis ein wiedereinsetzender Spontankreislauf (return of spontaneous circulation = ROSC) war und dass es substantielle physiologische Vorteile gegenüber der Gruppe ohne CPR mit sofortiger Defibrillation gab (Berg et al. 2002). *Wik et al.* untersuchten 2003, wie sich eine dreiminütige CPR vor Defibrillation auswirkte. Sie fanden zwar keine grundsätzliche Verbesserung des Outcome, jedoch zeigte eine Subgruppe mit mehr als fünf Minuten bis zur Hilfeleistung eine höhere Ansprechrate der Defibrillation, wenn vorher eine CPR durchgeführt wurde (Wik et al. 2003). Einen anderen Aspekt untersuchten *Eftestol et al.* Sie fanden heraus, dass sich nach mindestens drei Minuten CPR die Frequenz des Kammerflimmerns positiv modulierte und damit einen positiven Effekt auf das Myokard und eine folgende Defibrillation hatte (Eftestol et al. 2004). Auch *Hayakawa et al.* konnten diese Ergebnisse reproduzieren. Sie wiesen einen Zusammenhang zwischen der „shock-first“ Strategie (keine CPR vor Defibrillation) und einem schlechten neurologischen Outcome nach (Hayakawa et al. 2009). *Bradley et al.* beschrieben eine Zeit von 46-195 Sekunden CPR vor Defibrillation bei Patienten mit länger bestehendem Kammerflimmern für ein besseres Outcome (Bradley et al. 2010). Hingegen gab es auch Studien, die die positiven Aspekte einer CPR vor Defibrillation im präklinischen Bereich relativierten. So konnten *Jacobs et al.* die vorbeschriebenen positiven Effekte einer vor Defibrillation durchgeführten 90 Sekunden CPR nicht bestätigen. An einem Patientenkollektiv von 1929 Probanden waren keine Verbesserungen von ROSC oder Outcome zu erkennen (Jacobs et al. 2005). Ein ähnliches Ergebnis erhielten *Baker et al.* mit einer Studie an 3245 Patienten. Bei einer dreiminütigen CPR vor Defibrillation konnten beim präklinischen Kammerflimmern keine signifikanten Verbesserungen festgestellt werden (Baker et al. 2008).

Die ERC-Leitlinien 2010 empfehlen eine möglichst schnelle Defibrillation und haben Abstand von einer festen Zeit für eine CPR vor der Elektrotherapie genommen (Deakin et al. 2010). Die optimale Lösung wäre eine möglichst unterbrechungsfreie Thoraxkompression zusammen mit einer schnellstmöglichen Defibrillation. Die Frage, welcher der beiden Faktoren mehr Gewicht hat, lässt sich zum jetzigen Zeitpunkt trotz der Leitlinienempfehlung 2010 nicht endgültig beantworten.

Da die vorliegenden Daten gezeigt haben, dass die Überkopf-Methode keinen entscheidenden Zeitvorteil für eine Frühdefibrillation gegenüber der Standard-Methode hat und die Zeiten bis zur EKG-Ableitung im Median fast identisch sind, wird im Rahmen dieser Arbeit die Empfehlung zur Anwendung der Standard-Methode gegeben. Die Ergebnisse für die Hands-off-Zeiten und die Thoraxkompressionen der Standard-Methode überwiegen in allen Belangen denen der Überkopf-Methode, ohne dabei eine frühe Elektrotherapie zu verzögern.

5.5 Methodenkritik

Die Daten dieser Studie wurden an einem CPR-Simulator erhoben. Die direkte Übertragung der Ergebnisse in die klinische und präklinische Anwendung ist nicht ohne Weiteres möglich.

Zwar sind alle Daten reproduzierbar und die Bedingungen der CPR waren für alle Teilnehmer der Studie gleich, jedoch wurden Variabilitäten bei realen Patienten nicht berücksichtigt. Dazu zählen unterschiedliche Körpergröße und -gewicht mit resultierenden Variationen in Lungenvolumen und Kreislauf, unterschiedliche Compliance des Thorax und damit Restriktionen bei der Thoraxkompression, unterschiedliche Gesichts- und Schädelformen, die zu einem unterschiedlich guten Sitz der Beatmungsmaske führen und multimorbide Patienten, bei denen Vorerkrankungen eine CPR erschweren könnten (Bypässe, künstliche Herzklappen, Lungenerkrankungen etc.). Des Weiteren ließ es die Studie nicht zu, die Teilnehmer in Bezug auf die CPR-Methode, die gerade durchgeführt wurde, zu verblinden.

Zuletzt muss auch noch beachtet werden, dass der Simulator in einem großen Raum mittig auf dem Boden platziert wurde. Es gab genügend Platz, um Personen und Material für eine optimale CPR einzurichten. Auch war in der Studie gewährleistet, dass über den bestmöglichen Freiraum jeder Teilnehmer eine optimale Position für die Thoraxkompression und Beatmung am Patienten einnehmen konnte. Damit waren die Bedingungen für einen korrekten Druckpunkt oder einen guten Sitz der Beatmungsmaske jederzeit gegeben.

5.6 Folgerungen und Ausblick

Die Unterschiede zwischen der Standard- und der Überkopf-Methode sind für die relevanten Parameter statistisch signifikant und haben nach allen vorliegenden Untersuchungen auch eine klinische Relevanz. Damit könnte sich das Outcome des Patienten bei Anwendung der Standard-Methode verglichen mit der Überkopf-Methode verbessern.

Als Ergebnis dieser Studie empfehlen wir, in der Situation der präklinischen professionellen Zweihelfer-CPR die Standard-Methode als Routineverfahren anzuwenden.

Neben der Erkenntnis, dass sowohl die vorliegende Studie als auch die im Vorwege zitierte Studie von *Maisch et al.* der Standard-Methode den Vorzug geben, sind die absoluten Werte der Studie mit den professionellen Helfern aus den Rettungsdiensten um einiges besser als die der Laienhelfer. Neben einer höheren Anzahl an Thoraxkompressionen und kürzeren Hands-off-Zeiten in beiden Methoden, imponiert auch die wesentlich höhere Zahl an korrekten Thoraxkompressionen.

In folgenden Studien wäre es wichtig zu verifizieren, inwieweit die oben abgeleitete klinische Relevanz gegeben ist und ob die guten Ergebnisse auch in klinischen Situationen (beispielsweise in Krankenhausbetten) reproduziert werden können. Die Resultate dieser und ggf. konsekutiver Studien könnten somit Eingang in die Empfehlungen der nächsten ERC-Leitlinien 2015 finden.

6 Zusammenfassung

Hintergrund: Neben der von den ERC-Leitlinien 2005 empfohlenen Standard-Methode bei einer kardiopulmonalen Reanimation (CPR) durch zwei professionelle Helfer – mit seitlicher Thoraxkompression durch den ersten Helfer und Beatmung aus der Überkopfposition durch den zweiten Helfer – existiert in der Praxis die Überkopf-Methode. Dabei führt ein Helfer am Kopfende des Patienten sitzend abwechselnd Thoraxkompressionen und Beatmungen durch, während der andere Helfer die erweiterten Maßnahmen vornimmt. Neben der besseren Durchführbarkeit, gerade in engen räumlichen Verhältnissen, soll sich eine Zeitersparnis bezüglich der Vorbereitung der Defibrillation ergeben.

Methodik: Nach einer standardisierten Einführung mit praktischer Übung am Simulator führten 102 ausgebildete Mitarbeiter aus regionalen Rettungsdiensten mit zum Teil langjähriger Erfahrung die beiden genannten Methoden in randomisierter Reihenfolge für jeweils zwei Minuten an einem CPR-Simulator durch. Entsprechend der Leitlinien 2005 folgten auf 30 Thoraxkompressionen jeweils 2 Beatmungen als Beutel-Masken-Beatmung.

Ergebnisse: Die Standard-Methode ergab eine signifikant kürzere Hands-off-Zeit (Median 18 s) als die Überkopf-Methode (Median 31 s). Die Gesamtzahl der Thoraxkompressionen war bei der Standard-Methode (Median 180) signifikant höher als bei der Überkopf-Methode (Median 155), genauso die Gesamtzahl der Beatmungen trotz gleichem Median (10 bei der Standard-Methode versus 10 bei der Überkopf-Methode). Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Zeiten bis zur Ableitung eines EKGs bei der Standard-Methode (Median 18,2 s) und der Überkopf-Methode (Median 18,3 s).

Schlussfolgerung: Im Falle einer CPR durch zwei professionelle Helfer führt die Standard-CPR verglichen mit der Überkopf-CPR nach den vorliegenden Daten zu einer quantitativ besseren CPR. Vor dem Hintergrund, dass diese Resultate auch klinisch relevant sind, kann nur die Standard-Methode, nicht aber die Überkopf-Methode, bei einer CPR durch zwei professionelle Helfer in der Praxis für die ersten zwei Minuten empfohlen werden.

7 Literaturverzeichnis

Abella B, Alvarado J, Myklebust H (2005) 'Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest', *JAMA*, 293:305-310.

Baker P, Conway J, Cotton C, Ashby D, Smyth J, Woodman R, Grantham H (2008) 'Defibrillation or cardiopulmonary resuscitation first for patients with out-of-hospital cardiac arrests found by paramedics to be in ventricular fibrillation? A randomized control trial', *Resuscitation*, 79:424-431.

Berg R, Hilwig R, Kern K, Ewy G (2002) 'Precountershock cardiopulmonary resuscitation improves ventricular fibrillation median frequency and myocardial readiness for successful defibrillation from prolonged ventricular fibrillation: a randomized, controlled swine study', *Ann Emerg Med*, 40:563-570.

Bollig G, Steen P, Wik L (2007) 'Standard versus over-the-head cardiopulmonary resuscitation during simulated advanced life support', *Prehosp Emerg Care*, 11:443-447.

Bradley S, Gabriel E, Aufderheide T, Barnes R, Christenson J, Davis D, Stiell I, Nichol G (2010) 'Survival increases with CPR by emergency medical services before defibrillation of out-of-hospital ventricular fibrillation or ventricular tachycardia: Observations from the resuscitation outcomes consortium', *Resuscitation*, 81:155-162.

Burrows J (1995) 'Reanimationsmanagement', *Rettungsdienst*, 18:175-178.

Christian M, Loutfy M, McDonald L (2004) 'Possible SARS coronavirus transmission during cardiopulmonary resuscitation', *Emerg Infect Dis*, 10:287-293.

Cobb L, Fahrenbruch C, Walsh T, Copass M, Olsufka M, Breskin M, Hallstrom A (1999) 'Influence of cardiopulmonary resuscitation prior to defibrillation in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation', *JAMA*, 281:1182-1188.

Deakin C und Nolan J (2005) 'European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005. Section 3. Electrical therapies: automated external defibrillators, defibrillation, cardioversion and pacing.', *Resuscitation*, 67:25-37.

Deakin C, Nolan J, Soar J, Sunde K, Koster R, Smith G, Perkins G (2010) 'European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 4. Adult advanced life support', *Resuscitation*, 81:1305-1352.

Die Bibel, 2. Buch der Könige, 4, 32-35 (revidiert 1984).

Edelson D, Abella B, Kramer-Johansen J, Wik L, Myklebust H, Barry A, Merchant R, Van den Hoek T, Steen P, Becker L (2006) 'Effects of compression depth and pre-shock pauses predict defibrillation failure during cardiac arrest', *Resuscitation*, 71:137-145.

Eftestol T, Sunde K, Steen P (2002) 'Effects of interrupting precordial compressions on the calculated probability of defibrillation success during out-of-hospital cardiac arrest', *Circulation*, 105:2270-2273.

Eftestol T, Wik L, Sunde K, Steen P (2004) 'Effects of cardiopulmonary resuscitation on predictors of ventricular fibrillation defibrillation success during out-of-hospital cardiac arrest', *Circulation*, 110:10-15.

Gliwitzky B, Hirsch M, Kohlmann T (2001) 'Überkopf- versus Standardreanimation: "Performance contra Zeitgewinn?"', *Rettungsdienst*, 7:28-33.

Gliwitzky B und Kohlmann T (2003) 'Überkopfreanimation - Eine sinnvolle Methode in der erweiterten Reanimation mit 2 Helfern?', *Notfall & Rettungsmedizin*, 6:193-196.

Handley A (2002) 'Teaching hand placement for chest compression - a simpler technique', *Resuscitation*, 53:29-36.

Handley A und Handley J (2004) 'Performing chest compressions in a confined space', *Resuscitation*, 61:55-61.

Handley A, Koster R, Monsieurs K, Perkins G, Davies S, Bossaert L (2005) 'European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2005, Section 2, adult basic life support and use of automated external defibrillators', *Resuscitation*, 67S1:7-23.

Handley A, Monsieurs K, Bossaert L (2001) 'Resuscitation', *ERC Guidelines 2000 for Adult BLS*, 48:199-205.

Hayakawa M, Gando S, Okamoto H, Asai Y, Uegaki S, Makise H (2009) 'Shortening of cardiopulmonary resuscitation time before the defibrillation worsens the outcome in out-of-hospital VF patients', *The American Journal of Emergency Medicine*, 27:470-474.

Heilman K und Muschenheim C (1965) 'Primary cutaneous tuberculosis resulting from mouth-to-mouth respiration', *N Engl J Med*, 273:1035-1036.

Hüpfel M, Duma A, Uray T (2005) 'Over-the-head cardiopulmonary resuscitation improves efficacy in basic life support performed by professional medical personnel with a single rescuer: a simulation study', *Anesth Analg*, 101:200-205.

Jacobs I, Finn J, Oxer H, Jelinek G (2005) 'CPR before defibrillation in out-of-hospital cardiac arrest: a randomized trial', *Emergency Medicine Australasia*, 17:39-45.

Kern K, Hilwig R, Berg R, Sanders A, Ewy G (2002) 'Importance of continuous chest compression during cardiopulmonary resuscitation: improved outcome during simulated single lay-rescuer scenario', *Circulation*, 105:645-649.

Kern K, Sanders A, Raife J, Milander M, Otto C, Ewy G (1992) 'A study of chest compression rates during cardiopulmonary resuscitation in humans: the importance of rate-directed chest compressions', *Arch Intern Med*, 152:145-149.

Koster R, Baubin M, Bossaert L, Callareo A, Cassan P, Castrén M, Granja C, Handley A, Monsieurs K, Perkins G, Raffay V, Sandroni C (2010) 'European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 2. Adult basic life support and use of automated external defibrillators', *Resuscitation*, 81:1277-1292.

- Krischer J, Fine E, Davis J, Nagel E (1987) 'Complications of cardiac resuscitation', *Chest*, 92:287-291.
- Maier C, Hüpfl M, Duma A, Filzmaier M, Fiegl N, Uray T (2002) 'Over-the-head CPR: description of a technique and evaluation of conformity with guidelines 2000 of ERC and AHA', *Resuscitation*, 55:89.
- Maisch S, Issleib M, Kuhls B, Mueller J, Kang G, Goetz A, Schmidt G (2010) 'Kardiopulmonale Reanimation durch einen professionellen Helfer - Vergleich verschiedener Positionen am Modell', *Notfall Rettungsmed - OnlineArtikel*, DOI: 10.1007/s10049-010-1391-y.
- Maisch S, Issleib M, Kuhls B, Müller J, Horlacher T, Goetz A, Schmidt G (2010) 'A comparison between over-the-head and standard cardiopulmonary resuscitation performed by two rescuers: A simulation study', *The Journal of Emergency Medicine*, 39:369-376.
- Nolan J, Deakin C, Soar J, Böttiger B, Smith G (2005) 'European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation, Section 4, adult advanced life support', *Resuscitation*, 67S1:39-86.
- Paradis N, Martin G, Goetting M (1989) 'Simultaneous aortic, jugular bulb, and right atrial pressures during cardiopulmonary resuscitation in humans. Insights into mechanisms', *Circulation*, 80:361-368.
- Perkins G, Stephenson B, Smith C, Gao F (2004) 'A comparison between over-the-head and standard cardiopulmonary resuscitation', *Resuscitation*, 61:155-161.
- Powner D, Holcombe P, Mello L (1984) 'Cardiopulmonary resuscitation-related injuries', *Crit Care Med*, 12:54-55.
- Wik L, Hansen T, Fylling F (2003) 'Delaying defibrillation to give basic cardiopulmonary resuscitation to patients with out-of-hospital ventricular fibrillation: a randomized trial.', *JAMA*, 289:1389-1395.
- Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H (2005) 'Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest', *JAMA*, 293:299-304.
- Wolcke B, Gliwitzky B, Kohlmann T, Holcombe P (2002) 'Overhead-CPR versus standard-CPR in a two rescuer-ALS-scenario', *Resuscitation*, 55:116.
- Yu T, Weil M, Tang W, Sun S, Klouche K, Povoas H, Bisera J (2002) 'Adverse outcomes of interrupted precordial compression during automated defibrillation', *Circulation*, 106:368-372.

8 Danksagung

Den ersten und wichtigsten Dank möchte ich an meine Familie richten, der ich diese Arbeit widme.

Zu allererst an meine Frau, die mir in jeder Minute der letzten Jahre den Rücken freigehalten hat und oft genug ohne meine Hilfe die Familie führen musste. Ich danke dir dafür, dass du so oft eine große Last und Mühe auf dich genommen hast, mich immer wieder motiviert hast, wenn ich mal nicht weiter wusste, mir mein Ziel gezeigt und immer an mich geglaubt hast.

Weiterhin danke ich meinen Eltern, die das Studium und damit diese Arbeit erst möglich gemacht und mir und meiner Familie auch über schwierige Phasen hinweg geholfen haben. Danke dafür, dass ihr immer ein helfendes Wort und ein offenes Ohr für mich hattet und nie an mir gezweifelt habt.

Ein Dank geht an alle Teilnehmer der Studie, die sich freiwillig zur Verfügung gestellt haben und mitgeholfen haben, die Daten der Studie zu erheben. Ebenso an die jeweiligen Organisationen, die mit Material und Räumlichkeiten ausgeholfen haben:

- DRK Harburg-Land, Rettungsdienst
- Malteser Hilfsdienst Buxtehude, Rettungsdienst
- Johanniter Unfallhilfe Hamburg, Rettungsdienst

Ein weiterer Dank geht an Dr. Stefan Maisch, der als Betreuer für jede Frage Zeit hatte und geduldig mit Rat und Tat zur Seite stand, an Prof. Dr. Gunter N. Schmidt, der als mein Doktorvater diese Arbeit möglich gemacht hat und an das Universitätsklinikum Hamburg- Eppendorf, speziell dem Zentrum für Anästhesiologie und Intensivmedizin.

9 Lebenslauf

entfällt aus datenschutzrechtlichen Gründen

10 Erklärung

EIDESSTATTLICHE VERSICHERUNG:

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Unterschrift:

11 Anlage: Fragenbogen zur Datenerhebung

A: Demographische Daten

1.	Angaben zur Person	
Alter	✎ _____ Jahre	
Geschlecht	<input type="radio"/> weiblich <input type="radio"/> männlich	
Größe und Gewicht	✎ _____ cm ✎ _____ kg	

B: Rettungsdienstliche/Medizinische Ausbildung

1.	Durch welche Ausbildung sind Sie in der kardiopulmonalen Reanimation geschult?	
<input type="radio"/>	Ausbildung zum „Rettungshelfer“	Seit wann? _____ Jahr
<input type="radio"/>	Ausbildung zum „Rettungssanitäter“	Seit wann? _____ Jahr
<input type="radio"/>	Ausbildung zum „Rettungsassistenten“	Seit wann? _____ Jahr
<input type="radio"/>	Ausbildung zum „Rettungsassistenten“ mit Zusatz „Krankenschwester/-pfleger“	Seit wann? _____ Jahr
<input type="radio"/>	sonstige Ausbildung, in der die kardiopulmonale Reanimation unterrichtet wurde, und zwar: ✎ _____	Seit wann? _____ Jahr

2.	Praktische Erfahrung (zu Beginn der Datenerhebung)	nicht erfahren			sehr erfahren		
		1	2	3	4	5	6
	Für wie kompetent schätzen Sie sich selber im Bezug auf die Einhelfermethode-Überkopfposition ein?	<input type="radio"/>					
	Für wie kompetent schätzen Sie sich selber im Bezug auf die Einhelfermethode-Seitenposition ein?	<input type="radio"/>					
	Für wie kompetent schätzen Sie sich selber im Bezug auf die Einhelfermethode-Wechselposition ein?	<input type="radio"/>					
	Für wie kompetent schätzen Sie sich selber im Bezug auf die Zweihelfermethode-Thoraxkompression ein?	<input type="radio"/>					
	Für wie kompetent schätzen Sie sich selber im Bezug auf die Zweihelfermethode-Beatmung ein?	<input type="radio"/>					

3.	Anzahl der bislang durchgeführten realen kardiopulmonalen Reanimationen (Notfallsituation - geschätzt)
	Ich habe bisher  _____ reale kardiopulmonale Reanimationen durchgeführt.

C: Fragen zur Durchführung der CPR

1.	Welche CPR-Methode bei Verfügbarkeit von <u>2 Helfern</u> mit Beatmungsbeutel und –maske bevorzugen Sie?
<input type="radio"/>	Die Überkopfreanimation, d.h. Thoraxkompression und Beatmung von der Position hinter dem Kopf durch <u>einen</u> Helfer, damit sich der zweite Helfer um EKG, Defibrillator, i.v.-Zugang, Medikamentengabe etc. kümmern kann
<input type="radio"/>	Die Standardreanimation durch <u>zwei</u> Helfer, d.h. Thoraxkompression von der Seite durch den ersten Helfer und Beatmung vom Kopf aus durch den zweiten Helfer
<input type="radio"/>	Ich habe keine Präferenz

2.	Welche CPR-Methode für <u>einen Helfer</u> mit Beatmungsbeutel und –maske bevorzugen Sie?
<input type="radio"/>	Die Standardreanimation, d.h. Thoraxkompression und Beatmung von der Seite
<input type="radio"/>	Die Überkopfreanimation, d.h. Thoraxkompression und Beatmung von der Position hinter dem Kopf
<input type="radio"/>	Die wechselnde Position, d.h. Thoraxkompression von der Seite und Beatmung vom Kopf aus
<input type="radio"/>	Ich habe keine Präferenz

3.	Bei einer Reanimation durch zwei Helfer wird diese in meinem Rettungsdienstalltag folgendermaßen durchgeführt:
<input type="radio"/>	ausschließlich Standardreanimation
<input type="radio"/>	überwiegend Standardreanimation
<input type="radio"/>	teils Standard-, teils Überkopfreanimation
<input type="radio"/>	überwiegend Überkopfreanimation
<input type="radio"/>	ausschließlich Überkopfreanimation

4.	Eigene „Vorlieben“			
Welche der genannten Maßnahmen bevorzugen Sie, welche macht am meisten „Spass“?	HDM <input type="radio"/>	Beatmung <input type="radio"/>	Beides gleich <input type="radio"/>	Keins von beiden <input type="radio"/>

D: Fragen zur Datenerhebung

1. Vorbereitung/Simulationen		gar nicht	etwas	mäßig	okay	ziemlich	sehr
Trifft zu?							
1.	Hat der Dozent eine Atmosphäre geschaffen, in der Sie sich wohl gefühlt haben?	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>	6 <input type="radio"/>
2.	Ist es dem Dozenten gelungen, Sie zur Teamarbeit innerhalb der Datenerhebung zu ermutigen?	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>	6 <input type="radio"/>
3.	Wie nahe an der Praxis fanden Sie die Durchführung der Datenerhebung?	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>	6 <input type="radio"/>
4.	Glauben Sie, dass diese Studie eine Relevanz für die praktische Arbeit hat?	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>	6 <input type="radio"/>
5.	Stellten die Simulationen für Sie eine Ergänzung Ihrer Fähigkeiten dar?	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>	6 <input type="radio"/>
6.	Hätten Sie gerne mehr Übungszeit vor der Datenerhebung zur Verfügung gehabt?	1 <input type="radio"/>	2 <input type="radio"/>	3 <input type="radio"/>	4 <input type="radio"/>	5 <input type="radio"/>	6 <input type="radio"/>

E: Einwilligung in die anonymisierte Auswertung der Daten und des Filmmaterials

Ich bin damit einverstanden, dass die aufgezeichneten Daten und das aufgezeichnete Filmmaterial anonymisiert ausgewertet werden. Die Daten und das Filmmaterial werden ausschließlich von an der Studie beteiligten Mitarbeitern der Klinik für Anästhesiologie des UKE ausgewertet; diese sorgen dafür, dass das Daten- und Filmmaterial nicht in unbefugte Hände gelangt.

Sobald die Auswertung erfolgt ist, werden die Daten nur noch vollständig anonym archiviert und verwertet.

Vorname und Name _____

(bitte in Druckbuchstaben)

_____, den _____._____.

Unterschrift _____

Vielen Dank für Ihre Mithilfe!

12 Anlage: Publikation

Downloaded from emj.bmj.com on November 9, 2011 - Published by group.bmj.com

Prehospital care



Comparison of the over-the-head, lateral and alternating positions during cardiopulmonary resuscitation performed by a single rescuer with a bag–valve–mask device

Stefan Maisch, Eike Gamon, Alexander Ilisch, Alwin E Goetz, Gunter N Schmidt

Department of Anaesthesiology,
Universitätsklinikum
Hamburg-Eppendorf, Germany

Correspondence to
Stefan Maisch, Department of
Anaesthesiology, University
Hospital Hamburg-Eppendorf,
Martinistrasse 52, 20246
Hamburg, Germany;
smaisch@gmx.de

Accepted 23 August 2010
Published Online First
14 October 2010

ABSTRACT

Background The 2005 guidelines for cardiopulmonary resuscitation (CPR) do not include a statement on performance of basic life support by a single healthcare professional using a bag–valve–mask device. Three positions are possible: chest compressions and ventilations from over the head of the casualty (over-the-head CPR), from the side of the casualty (lateral CPR), and chest compressions from the side and ventilations from over the head of the casualty (alternating CPR). The aim of this study was to compare CPR quality of these three positions.

Methods 102 healthcare professionals were randomised to a crossover design and performed a 2-min CPR test on a manikin for each position.

Results The hands-off time over a 2-min interval was not significantly different between over-the-head (median 31 s) and lateral (31 s) CPR, but these compared favourably with alternating CPR (36 s). Over-the-head CPR resulted in significantly more chest compressions (155) compared with lateral (152) and alternating CPR (149); the number of correct chest compressions did not differ significantly (119 vs 122 vs 109). Alternating CPR resulted in significantly less inflations (eight) compared with over-the-head (ten) and lateral CPR (ten). Lateral CPR led to significantly less correct inflations (three) compared with over-the-head (five) and alternating CPR (four).

Conclusions In the case of a single healthcare professional using a bag–valve–mask device, the quality of over-the-head CPR is at least equivalent to lateral, and superior to alternating CPR. Because of the potential difficulties in bag–valve–mask ventilation in the lateral position, the authors recommend over-the-head CPR.

INTRODUCTION

The guidelines for basic life support (BLS) published by the European Resuscitation Council¹ and the International Liaison Committee on Resuscitation² describe one-rescuer cardiopulmonary resuscitation (CPR) for a lay rescuer without the use of equipment, and two-rescuer CPR for two healthcare professionals with the use of equipment such as a bag–valve–mask device. The use of a bag–valve–mask device has three major advantages: the possibility of administering supplementary oxygen (up to 100% for bag–valve–mask devices with demand valve), avoidance of transmission of infections (such as tuberculosis³ or severe acute respiratory distress syndrome⁴) and, presumably, a reduction in rescuer

fatigue. The guidelines do not contain any statement with regard to a single rescuer using a bag–valve–mask device. There are three possibilities for performing CPR by a single rescuer using a bag–valve–mask device:

- ▶ Over-the-head CPR: performance of chest compressions and ventilations from over the head of the casualty according to the guidelines for CPR in confined spaces.
- ▶ Lateral CPR: performance of chest compressions and ventilations from the side of the casualty according to the guidelines for one-rescuer CPR for a lay rescuer with mouth-to-mouth ventilation.
- ▶ Alternating CPR: performance of chest compressions from the side of the casualty and ventilations from over the head of the casualty according to the guidelines for CPR for two healthcare professionals.

A few studies of one-rescuer over-the-head CPR have been reported.^{5–11} The results of these studies are controversial, and they were performed according to the 2000 guidelines,¹² in which the compression–ventilation ratio was 15:2, compared to 30:2 according to the 2005 guidelines. Change of position (side to head) has never been studied.

The purpose of this study was to analyse, on a manikin, the efficacy of three CPR positions performed by a single rescuer using a bag–valve–mask device and to compare CPR quality of the single-rescuer positions with standard dual-operator CPR. Such a situation where a single rescuer equipped with a bag–valve–mask device is present and the victim is lying on the floor is possible in a prehospital scenario or at the hospital with a patient collapsed out of bed. Another scenario for over-the-head CPR technique is a cardiac arrest situation with two rescuers at a scene, with one rescuer beginning CPR alone while the other performs additional tasks.

METHODS**Participants and setting**

Paramedics and emergency medical technicians (EMT) from two rural districts of Greater Hamburg, Germany, were asked to participate in the study in the course of obligatory annual education and training; all participants in the training agreed to take part in the study. The local ethics committee declared that such a study did not require ethical approval. All participants gave written informed consent for their CPR performance data to be evaluated.

Study design

The study was a randomised crossover design. Randomisation was performed using a list of random numbers generated by Microsoft Excel V11.3.7.; random numbers were allocated to the five different methods and positions in equal shares: over-the-head CPR, lateral CPR, alternating CPR, ventilation during dual-operator CPR and chest compression during dual-operator CPR. Participants received a short, standardised, theoretical introduction concerning the different methods of single-rescuer CPR, which lasted for about 15 min and included the demonstration of the different positions of single-rescuer CPR. Afterwards, each participant practiced CPR in the three positions for about 15 min on two CPR manikins (Resusci Anne Simulator, Laerdal Medical AS, Stavanger, Norway). Theoretical introduction and training for dual-operator CPR was not necessary because this method was well known to all participants. For over-the-head CPR, instructions were given for the rescuer to kneel with the head of the manikin between his or her knees/thighs and to place the hands in the centre of the chest consistent with guidelines for BLS¹; the heel of the hand was placed across the sternum (see figure 1). Chest compressions were performed at a rate of approximately 100/min, with an audio prompt helping to maintain the frequency; this audio prompt was used for all CPR positions. Participants were shown how to perform bag–valve–mask ventilation from the lateral position (see figure 2). The technique of alternating positions was a mixture of both techniques described: lateral compression and ventilation from over the head. The optimum tidal volume was defined as 400–600 ml; this was according to the guidelines, which recommend 6–7 ml/kg body weight and the presumed weight of 70–80 kg of the simulator. Thus, the value of 400–600 ml is rounded from 420 to 560 ml. Ventilation was administered with a bag–valve–mask device (Laerdal Silicone Resuscitator[®] with an Adult Disposable Resuscitator mask size 4, Laerdal Medical AS, Stavanger, Norway).

Study participants were informed about the general aim of the study but were blinded to the outcome and the stated hypothesis. Each participant performed 30 chest compressions and two breaths, alternately, with a bag–valve–mask for 2 min in the over-the-head, lateral and alternating positions alone, and in each dual-operator CPR position in a randomised order on the simulator (Resusci Anne Simulator, Laerdal Medical AS, Stavanger, Norway). The simulator was placed on the floor. Between the two different positions, participants had at least



Figure 1 Over-the-head cardiopulmonary resuscitation (CPR) position for chest compressions and ventilation.



Figure 2 Lateral cardiopulmonary resuscitation (CPR) position for chest compressions and ventilation.

a 30-min break for recreation, to exclude diminished quality because of exhaustion.

The simulator was connected to a computer running analysis software (Laerdal PC SkillReporting System[®] software, version 2.21, Laerdal Medical AS, Stavanger, Norway). The following data were recorded during a 2-min period of BLS: 'hands-off time' (interruption of chest compressions), time for two ventilations, number of chest compressions, compression rate per min, compression depth, hand position, release, duty cycle (time spent compressing the chest as a proportion of the time between the start of one cycle of compression and the start of the next), number of ventilations, ventilation volume, duration of inflation and inspiratory flow rate. The SkillReporting system measures hands-off time and quality of chest compression parameters. Ventilation parameters were registered by the SkillReporting System; volume curves were analysed offline to determine tidal volume and number of inflations. The chest compression and ventilation parameters were classified as correct or incorrect, according to the published 2005 guidelines of the European Resuscitation Council¹²: correct compression rate per min (90–110/min), correct compression depth (40–50 mm), correct hand position (automatically recorded by device), correct release (complete release of pressure after each compression), correct ventilation volume (400–600 ml) and correct ratio of compressions to ventilations (30:2). Incorrect compressions could result from one or more simultaneous errors, for example, incorrect hand position and chest compression that was too deep.

The primary outcome was the hands-off time during the 2-min test interval. The secondary outcome was the number of chest compressions and ventilations during the 2-min test interval.

After taking part in the study, participants had to fill out a questionnaire to evaluate their practical experience in CPR and the used and preferred single-rescuer CPR method.

Statistical analysis

According to Hüpfel *et al.*,¹⁰ it was determined that 99 participants were required to have an 80% chance of detecting a significant (at the two-sided 5% level) a 5% difference between standard single-rescuer and over-the-head CPR in the mean hands-off time required for two ventilations.

All data were analysed using the statistics program SPSS 11.5. Non-normally distributed data were analysed using Friedman's test to reduce the significance level and post hoc by the

Prehospital care

Wilcoxon signed rank test, and are presented as total number or median (with IQR). *p* Values <0.05 are considered statistically significant.

RESULTS

There were 102 paramedics and EMTs (19 female, 83 male) who participated in the study. No participants were excluded from enrolment or analysis. The demographics of participants were as follows: the median age was 26 years (range 18–62), average height was 181 cm (range 162–195) and average weight was 80 kg (range 51–128). Sixty-nine of the participants were paramedics; 33 of the participants were EMTs. They had worked in the emergency medical services for a median of 6 years (range 0–38). All participants had practical experience in CPR including the use of bag–valve–mask ventilation; the participants had performed on average 42 CPRs in the past (range 1–500). Ninety-two of the participants (90%) had performed over-the-head CPR.

The results of the compression and ventilation parameters are shown in table 1 and figure 3.

In a comparison of the three single-rescuer positions, it was found that the total hands-off time during a 2-min period using over-the-head CPR (median 31 s) was comparable to that of lateral CPR (31 s) and significantly shorter than that of alternating CPR (36 s). There were significantly more chest compressions during a 2-min period using over-the-head CPR (155) compared with lateral (152) and alternating CPR (149). The number of correct chest compressions did not differ significantly (119 with over-the-head CPR vs 122 with lateral CPR vs 109 with alternating CPR). The number of ventilations during a 2-min period using over-the-head CPR (median ten) was comparable to that of lateral CPR (ten) and significantly

higher than that of alternating CPR (eight). Significantly more correct ventilations were performed during a 2-min period using over-the-head (median five) or alternating CPR (four) compared with lateral CPR (three).

Comparing the single-rescuer CPR methods with the standard dual-operator CPR, it was found that the total hands-off time during a 2-min period using dual-operator CPR (median 18 s) was significantly shorter than using single-rescuer CPR. There were significantly more chest compressions (median 180) and correct chest compressions (148) during a 2-min period using dual-operator CPR compared with single-rescuer CPR. Significantly more ventilations were performed during a 2-min period using dual-operator CPR (median ten) compared with single-rescuer CPR, whereas the number of correct ventilations did not differ significantly between dual-operator CPR (median four) compared with over-the-head CPR (five) and alternating CPR (four); when compared solely with lateral CPR, dual-operator CPR led to significantly more correct ventilations (four versus three).

There were no significant differences between female and male participants.

The preferred CPR technique for a single rescuer performing CPR with a bag–valve–mask device was 86.3% for over-the-head CPR, 7.8% for lateral CPR and 2.9% for alternating CPR; 2.9% had no preferred position.

DISCUSSION

The principal finding of this study was that the quality of CPR performed using a bag–valve–mask device by one single rescuer performing over-the-head CPR was superior to lateral or alternating CPR. Regarding the shorter hands-off time, the number and quality of chest compressions and the number of

Table 1 Efficacy of the different cardiopulmonary resuscitation (CPR) positions for chest compression and ventilation during a 2-min CPR test

	Dual operator CPR	Over-the-head CPR	Lateral CPR	Alternating CPR	Significance
Chest compressions					
Number of chest compressions	180 (175–185)	155 (150–161)	152 (149–161)	149 (139–153)	‡, S, ¶, **, ††, †††
Rate of compressions (per min)	106 (105–111)	106 (105–110)	106 (104–109)	106 (105–111)	
Chest compressions correct	148 (84–171) [82.2%]*	119 (96–142) [76.8%]*	122 (74–146) [80.3%]*	109 (89–131) [73.2%]*	‡, S, ¶
Depth 40–50 mm	163 (127–175) [90.6%]*	139 (116–149) [89.7%]*	141 (112–149) [92.8%]*	127 (109–143) [85.2%]*	‡, S, ¶
Depth <40 mm	7 (1–29) [3.9%]*	3 (1–19) [1.9%]*	4 (1–13) [2.6%]*	5 (1–16) [3.4%]*	¶
Depth >50 mm	1 (0–8) [0.6%]*	1 (0–21) [0.6%]*	3 (0–12) [2.0%]*	1 (0–15) [0.7%]*	
Correct hand position	179 (172–184) [99.4%]*	150 (134–156) [96.8%]*	150 (139–154) [98.7%]*	143 (125–150) [96.0%]*	‡, S, ¶, ††, †††
Complete recoiling	177 (167–182) [98.3%]*	150 (144–158) [96.8%]*	150 (145–155) [98.7%]*	142 (130–150) [95.3%]*	‡, S, ¶, ††, †††
Depth of chest compressions (mm)	43 (41–45)	44 (42–48)	44 (42–47)	44 (42–46)	‡, S, ¶
Inflations					
Number of inflations	10 (10–12)	10 (8–10)	10 (8–10)	8 (8–10)	‡, S, ¶, ††, †††
Tidal volume 400–600 ml	4 (2–7) [40.0%] †	5 (1–6) [50.0%] †	3 (0–5) [30.0%] †	4 (2–6) [50.0%] †	S, **, ††
Tidal volume <400 ml	4 (1–8) [40.0%] †	4 (1–7) [40.0%] †	6 (3–8) [60.0%] †	3 (1–7) [37.5%] †	S, **, ††
Tidal volume >600 ml	0 (0–2) [0.0%] †	0 (0–2) [0.0%] †	0 (0–0) [0.0%] †	0 (0–1) [0.0%] †	S, **, ††
Tidal volume (ml)	424 (342–522)	415 (279–507)	345 (218–425)	401 (293–493)	S, ¶, **, ††
Hands-off time					
Time required for 2 inflations (s)	3.3 (2.7–3.8)	6.8 (6.2–7.5)	7.3 (6.2–7.8)	8.8 (7.1–10.0)	‡, S, ¶, **, ††, †††
Total hands-off time (s)	18 (15–20)	31 (28–34)	31 (29–34)	36 (32–41)	‡, S, ¶, ††, †††
In proportion to total CPR time (%)	14.6 (12.5–16.7)	25.8 (23.3–28.3)	25.8 (24.2–28.3)	30.0 (26.9–34.0)	‡, S, ¶, ††, †††

The term 'rate of compressions' refers to the frequency and not to the number of chest compressions. Data are shown as median (first and third quartile). *p*<0.05 was considered significant.

*Percentage refers to total number of chest compressions.

†Percentage refers to total number of inflations.

‡*p*<0.05 dual operator versus over-the-head position.

S*p*<0.05 dual operator versus lateral position.

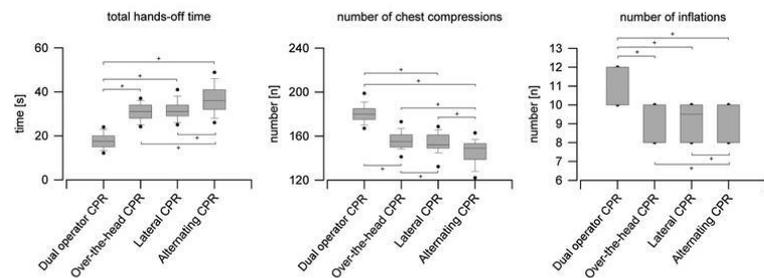
¶*p*<0.05 dual operator versus alternating position.

***p*<0.05 lateral versus over-the-head position.

††*p*<0.05 alternating versus over-the-head position.

†††*p*<0.05 lateral versus alternating position.

Figure 3 Comparison of total hands-off time, number of chest compressions per min and number of inflations per min of the different cardiopulmonary resuscitation (CPR) positions. Values are shown as box plots with median, 75% and 25%, 90% and 10%, and 95% and 5% percentiles. + = $p < 0.05$ between different positions.



ventilations over the head and lateral CPR performed on a simulator using a bag–valve–mask device were significantly superior to alternating CPR. Concerning the quality of ventilations, over-the-head CPR resulted in significantly more correct ventilations compared with lateral CPR. The quality of ventilations with regard to correct tidal volume during lateral CPR was significantly worse compared with the other CPR positions.

Dual-operator CPR was significantly superior to all single-rescuer methods regarding the hands-off time, the number and quality of chest compressions, and the number of ventilations.

Although the study was powered to detect a 5% difference in performance, there are no data to show whether this is clinically significant. Thus, some statistically significant differences might be of no clinical relevance. In some cases, for example number of inflations, the detected statistical significance between alternating and over-the-head CPR and between lateral and alternating CPR is very unlikely to be clinically significant.

Potential scenarios for the over-the-head CPR technique are as follows: one rescuer who is alone at a scene, or two rescuers in a cardiac arrest situation with one rescuer beginning CPR alone while the other performs additional tasks.

A few other studies have evaluated the quality of over-the-head CPR.^{5–11} Gliwitzky *et al* and Wolcke *et al*^{5–7} compared over-the-head CPR with standard two-rescuer CPR in an advanced life support scenario. In contrast to the present findings, these investigators found a significantly lower number of delivered chest compressions in the over-the-head group, but no significant difference in quality of chest compressions and ventilations between the two techniques.

Handley and Handley compared over-the-head CPR performed in a confined space with standard CPR, both as one-person and two-person methods.⁸ The authors focused on trained laypersons who had no previous experience with over-the-head CPR. In opposition to the present results, there was no difference between the two methods, except for more frequent wrong hand positioning in the over-the-head CPR group (30.4% vs 7.7% in the standard CPR group). The quality of ventilation, which was performed using a pocket mask, was not assessed in this trial.

Perkins *et al* compared over-the-head CPR and standard CPR in a group of BLS instructors who had no previous experience with over-the-head CPR.⁹ Ventilation was performed using a pocket mask. Contrary to the present findings, there was no difference in quality of chest compression and ventilation between the two techniques, with the exception that hand positioning during chest compressions was better in the over-the-head group (incorrect compressions 76 vs 300 in the standard group).

Hüpfel *et al* compared over-the-head CPR with a self-inflating bag, with standard CPR with mouth-to-mouth ventilation in

professional medical personnel experienced in bag–valve–mask ventilation and in over-the-head CPR.¹⁰ Comparable to the present results, over-the-head CPR with the use of a self-inflating bag provides superior ventilation, though this technique was compared to standard CPR with mouth-to-mouth ventilation. The quality of chest compressions did not differ between the two study groups.

Bollig *et al* compared over-the-head CPR with bag–valve–mask ventilation to lateral CPR with bag–valve–mask ventilation in an advanced cardiac life support scenario performed by paramedic students, who were experienced in standard CPR but not in over-the-head CPR.¹¹ In both experiments one rescuer delivered chest compressions and ventilations while the other rescuer performed additional tasks. In contrast to the present results, the authors found no differences in ventilation or compression variables or any time factors.

All the studies cited above were performed using the 2000 guidelines.¹² Therefore, the results might differ if studies were performed using 2005 guidelines with greater emphasis on chest compressions.

According to the present data, over-the-head CPR should be recommended for a single rescuer experienced in bag–valve–mask ventilation. This technique led to a significantly shorter hands-off time compared with alternating CPR. The significant difference in the hands-off time of the 2-min interval might be of clinical relevance, as evidence exists that a difference in hands-off time of even less than 10 s could be detrimental.¹³ Compared with lateral CPR, over-the-head CPR had only a few advantages concerning the ventilation. Although it was demonstrated in the present study that the use of a bag–valve–mask device from the side is possible, it resulted in a worse quality of ventilation. The authors suppose that ventilation with a self-inflating bag from the side of a patient is less practicable than from the side of the simulator. For the combination of chest compression and ventilation, over-the-head CPR evidenced statistical advantages; the authors are convinced that there is a significant clinical relevance for this. The practicability of the over-the-head CPR technique was supported by the fact that the majority of participants preferred this position. Beside the advantages of over-the-head CPR for a single rescuer resulting in the use of the bag–valve–mask device, there are two other reasons for favouring this technique: no movement of the rescuer's body position is needed, and this technique could be used in a confined space with difficult access from the side.

According to the present data, dual-operator CPR resulted in a significantly better CPR quality compared with the single-rescuer CPR positions. Although the median number of inflations of dual operator, over-the-head and lateral CPR was the same, comparison of values of all participants showed a significant difference (please note that median is presented, not mean).

Prehospital care

Only dual-operator CPR met the recommended target of approximately two ventilations per 4 s.¹

In the 2005 guidelines, achieving a high quality of chest compression, especially compression rate and depth, is considered of utmost significance.^{2 14–16} Experimental studies have shown that the delivery of more than 80 compressions per min is necessary for the patient's survival in prolonged cardiac arrest.¹³ Related to the compression rate, another very important aim during CPR is to minimise interruptions in chest compressions, which have a detrimental effect on survival.^{1 17 18} In contrast to the present data, hands-off time was 28.5% in a dual-operator CPR simulator study, in which medical students performed CPR with chest compressions and mouth-to-mouth ventilation for 4 min according to the 2005 guidelines.¹⁹ This is much longer than the hands-off time of 14.6% in the present study. In a study by Roessler *et al*,²⁰ in which single-operator CPR with mouth-to-mouth ventilation was performed for 5 min according to the 2005 guidelines, the hands-off time was 33.3% in the group of healthcare professionals compared with 25.8% in the present study. The reasons for this difference could be different practical experience (medical students or physiotherapists, nurses, and physicians compared to paramedics and EMTs in the present study) and method of ventilation (mouth-to-mouth ventilation versus bag-valve-mask ventilation in the present study).

Limitations

Several limitations of the study have to be taken into account when the present findings are extended to a clinical situation. First, the study was performed on a resuscitation simulator, which allows consistent and reproducible experimental conditions with valid results. On the other hand, this does not render any differences in casualty size, chest wall compliance or ease of mask–face seal. Second, it was impossible to blind participants to which technique they were performing; for this reason the order of different positions was randomised. Third, the manikin was positioned on the floor. This is a probable situation in a prehospital setting, but a rare in-hospital scenario.

CONCLUSION

It has been demonstrated in a simulated CPR model that over-the-head CPR can significantly improve the performance of BLS of a single healthcare professional with a bag–valve–mask device, compared with lateral and alternating CPR. In the case of a casualty requiring CPR and a single rescuer equipped with a bag–valve–mask device, over-the-head CPR can be recommended as superior technique if the rescuer is trained in this method. At any rate, wherever applicable, dual-operator CPR should be the aim, because the quality of BLS performed by two rescuers is significantly better compared with any single-rescuer CPR method.

Acknowledgements The authors wish to thank the paramedics and emergency medical technicians for participating in the study. Our study did not have any sponsors.

Funding This study was financed entirely by the Department of Anaesthesiology of the University Hospital Hamburg.

Competing interests None.

Ethics approval The local ethics committee (Medical Association Hamburg, Germany) declared that such a study did not require ethical approval. All participants gave written informed consent for their CPR performance data to be evaluated.

Provenance and peer review Not commissioned; externally peer reviewed.

REFERENCES

1. **Handley AJ**, Koster R, Monsieurs K, *et al*. European Resuscitation Guidelines for Resuscitation 2005. Section 2. Adult basic life support and use of automated external defibrillators. *Resuscitation* 2005;**67**:S7–23.
2. **International Liaison Committee on Resuscitation**. Consensus on Science and Treatment Recommendations. Part 2: Adult basic life support. *Resuscitation* 2005;**67**:187–201.
3. **Heilman KM**, Muschenheim C. Primary cutaneous tuberculosis resulting from mouth-to-mouth respiration. *N Engl J Med* 1965;**273**:1035–6.
4. **Christian MD**, Loutfy M, McDonald LC, *et al*. Possible SARS coronavirus transmission during cardiopulmonary resuscitation. *Emerg Infect Dis* 2004;**10**:287–93.
5. **Gliwitsky B**, Hirsch M, Kohlmann T, *et al*. Überkopf- versus Standardreanimation: "Performance contra Zeitgewinn?" Eine prospektive Studie am Reanimationsphantom. *Rettungsdienst* 2001;**24**:652–7.
6. **Wolcke BB**, Gliwitsky B, Kohlmann T, *et al*. Overhead-CPR versus standard-CPR in a two rescuer-ALS-scenario. *Resuscitation* 2002;**55**:110.
7. **Gliwitsky B**, Kohlmann T. "Over head CPR": A sensible method for advanced CPR with two rescue workers? *Notfall Rettungsmed* 2003;**6**:193–6.
8. **Handley AJ**, Handley JA. Performing chest compressions in a confined space. *Resuscitation* 2004;**61**:55–61.
9. **Perkins GD**, Stephenson BT, Smith CM, *et al*. A comparison between over-the-head and standard cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2004;**61**:155–61.
10. **Hüpfel M**, Duma A, Uray T, *et al*. Over-the-head cardiopulmonary resuscitation improves efficacy in basic life support performed by professional medical personnel with a single rescuer: a simulation study. *Anesth Analg* 2005;**101**:200–5.
11. **Bollig G**, Steen PA, Wik L. Standard versus over-the-head cardiopulmonary resuscitation during simulated advanced life support. *Prehosp Emerg Care* 2007;**11**:443–7.
12. **Handley AJ**, Monsieurs KG, Bossaert LL. European Resuscitation Council Guidelines 2000 for adult basic life support. *Resuscitation* 2001;**48**:199–205.
13. **Yu T**, Weil MH, Tang W, *et al*. Adverse outcomes of interrupted precordial compression during automated defibrillation. *Circulation* 2002;**106**:368–72.
14. **Kern KB**, Sanders AB, Raife J, *et al*. A study of chest compression rates during cardiopulmonary resuscitation in humans: The importance of rate-directed chest compressions. *Arch Intern Med* 1992;**152**:145–9.
15. **Abella BS**, Alvarado JP, Myklebust H, *et al*. Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005;**293**:305–10.
16. **Wik L**, Kramer-Johansen J, Myklebust H, *et al*. Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005;**293**:299–304.
17. **Eftestol T**, Sunde K, Steen PA. Effects of interrupting precordial compressions on the calculated probability of defibrillation success during out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2002;**105**:2270–3.
18. **Kern KB**, Hilwig RW, Berg RA, *et al*. Importance of continuous chest compressions during cardiopulmonary resuscitation: Improved outcome during a simulated single lay-rescuer scenario. *Circulation* 2002;**105**:645–9.
19. **Fallaha JF**, Spooner BB, Perkins GD. Does dual operator CPR help minimize interruptions in chest compressions? *Resuscitation* 2009;**80**:1011–14.
20. **Roessler B**, Fleischhackl R, Losert H, *et al*. Cardiopulmonary resuscitation and the 2005 universal algorithm: Has the quality of CPR improved? *Wien Klin Wochenschr* 2009;**121**:41–6.