

Einfluss eines strukturierten Trainings auf den Einsatz von mechanischen Thoraxkompressionsgeräten

Influence of a structured training on the application of mechanical chest compression devices

H. Gäßler · S. Decken · L. Lampl · M. Helm

► **Zitierweise:** Gäßler H, Decken S, Lampl L, Helm M: Einfluss eines strukturierten Trainings auf den Einsatz von mechanischen Thoraxkompressionsgeräten. Anästh Intensivmed 2019;60:104–112.
DOI: 10.19224/ai2019.104

Zusammenfassung

Hintergrund: Die aktuellen Leitlinien zur kardiopulmonalen Reanimation führen an, dass der Einsatz mechanischer Thoraxkompressionsgeräte in bestimmten Situationen sinnvoll sein kann. In diesen Fällen wird empfohlen, dass deren Nutzung durch gut trainierte Anwender erfolgen soll. Allerdings gibt es wenige Arbeiten zu Trainingsstruktur sowie zu Zeitintervallen für ein Auffrischungstraining. Diese Studie hat zum Ziel, den initialen Erfolg und die Nachhaltigkeit eines strukturierten Trainings an zwei verschiedenen Thoraxkompressionsgeräten über einen Zeitraum von 3 Monaten zu untersuchen.

Methodik: Das medizinische Personal einer Notaufnahme und einer Intensivstation mit bereits implementierten mechanischen Thoraxkompressionsgeräten setzte entweder LUCAS™ 2 oder AutoPulse® in einem standardisierten Reanimationsszenario an einem Manikin ein. Das Szenario wurde insgesamt vier Mal wiederholt: vor und direkt nach einem praktischen Training in kleinen Gruppen sowie nach ein und drei Monaten. Die Gesamtanlagezeit und die Zeit ohne Thoraxkompression (No-Flow-Zeit) wurden gemessen, außerdem wurden aufgetretene Probleme und Fehler während der Anlage festgehalten.

Ergebnisse: Die Daten von 20 Teilnehmern in jeder Gruppe wurden eingeschlossen. Zusätzlich zu den reduzierten Anlagezeiten verringerte sich durch das Training die No-Flow-Zeit in beiden Gruppen signifikant (LUCAS 24,6 s vs.

9,8 s, $p<0,001$; AutoPulse 25,2 s vs. 12,7 s, $p<0,001$). Der positive Trainingseffekt in der LUCAS-Gruppe hielt drei Monate ohne signifikante Veränderung an, während sich die No-Flow-Zeit in der AutoPulse-Gruppe nach drei Monaten wieder signifikant verschlechtert hatte.

Schlussfolgerungen: Intensives praktisches Training in kleinen Gruppen verbessert die Anwendung mechanischer Thoraxkompressionsgeräte auch bei erfahrenen Anwendern. Dieser Effekt lässt beim AutoPulse jedoch bereits nach 3 Monaten wieder signifikant nach. Daher sollte der Einsatz der mechanischen Geräte durchgehend durch ein Qualitätssicherungssystem überwacht werden.

Summary

Background: Current guidelines for resuscitation suggest that mechanical chest compression devices may be useful in cardiopulmonary resuscitation under special circumstances. In these cases, it is recommended that providers should be well-trained. However, studies on training effects and the best timeframe for refresher training are rare. This study aimed to analyse the success of structured training using two different mechanical chest compression devices over three months.

Methods: Personnel of an emergency department and an intensive care unit with already implemented mechanical chest compression devices applied either LUCAS 2 or AutoPulse in a standardised simulator resuscitation

Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Sektion Notfallmedizin,
Bundeswehrkrankenhaus Ulm

Interessenkonflikt
Kein Interessenkonflikt.

Anmerkung
Diese Studie ist Teil der Dissertation von Herrn Stefan Decken.

Schlüsselwörter

Thoraxkompression – mechanisches Gerät – Training – No-Flow-Zeit

Keywords

Chest Compression – Mechanical Device – Training – No-flow Time

scenario. The scenario was repeated four times in total: before and directly after a hands-on training in small groups, as well as after one and three months. The total installation time and the no-flow time were measured, and any problems and errors during installation monitored.

Results: Data of 20 participants per group were included. In addition to reduced total installation times, no-flow time decreased significantly in both groups (LUCAS 24.6s vs. 9.8s, $p<0.001$; AutoPulse 25.2s vs. 12.7s, $p<0.001$). The beneficial training effect in the LUCAS group lasted for three months with no significant change, whereas the no-flow time in the AutoPulse group had worsened significantly after three months.

Conclusions: Intense hands-on training in small groups improves the application of mechanical chest compression devices, even if providers are experienced. However, this effect decreases significantly in the AutoPulse after only 3 months. Therefore, the use of these

mechanical devices should be regularly monitored by a quality assurance system.

Einleitung

Die Leitlinien zur Reanimation 2015 des European Resuscitation Council (ERC) sowie die der American Heart Association (AHA) betonen, dass einer der wichtigsten Faktoren bei der kardiopulmonalen Reanimation (CPR) die Durchführung qualitativ hochwertiger Thoraxkompressionen ist [1,2]. Kurze Unterbrechungen der Thoraxkompression und somit reduzierte No-Flow-Zeiten verbessern das Outcome nach Herzstillstand und CPR [3–5]. Dieser Standard der hochwertigen Thoraxkompressionen wird jedoch nicht immer durch manuelle Thoraxkompressionen erreicht, beispielsweise im prähospitalen Rettungsdienst und dort insbesondere bei CPR während des Transports oder aufgrund der zunehmenden Ermüdung der Helfer bei langandauernder CPR [6–10].

Die Verwendung mechanischer Thoraxkompressionsgeräte soll es dabei ermöglichen, die Kompressionsqualität ohne Ermüdung oder Unterbrechung konstant auf hohem Niveau zu halten, auch während Transport oder Bewegung des Patienten. Allerdings führte die Verwendung dieser Geräte in mehreren großen multizentrischen Studien nicht zu einem verbesserten Outcome bei prähospitalem Herz-Kreislauf-Stillstand [11–14]. Aufgrund dessen empfehlen weder ERC noch AHA in ihren Leitlinien die routinemäßige Verwendung dieser Geräte bei außerklinischer CPR [15,16]. Nichtsdestotrotz erwähnen beide Leitlinien, dass ihre Verwendung unter besonderen Umständen wie CPR während des Transports, lang andauernder CPR (z.B. bei Hypothermie oder Intoxikation) oder während einer Herzkatheteruntersuchung unter laufender Reanimation berücksichtigt werden kann. In diesen Fällen sollten die mechanischen Geräte nur von gut ausgebildetem und trainiertem Personal angewandt werden.

Um sicherzustellen, dass dieses Personal in der Verwendung der Geräte gut ausgebildet ist, bedarf es nicht nur einer Erstausbildung, sondern auch regelmäßiger Auffrischungsausbildungen [15,16]. Derzeit wird in den Leitlinien nicht erwähnt, was dieses Training beinhalten und wie oft das Personal an solchen Schulungen teilnehmen sollte. Bislang haben sich nur wenige Studien mit strukturiertem Training mechanischer Thoraxkompressionsgeräte befasst. Dabei zeigte sich, dass ein strukturiertes und intensives Training sowohl die Anlagezeit als auch die No-Flow-Zeit verbessert [17–20]. Keine von ihnen analysierte jedoch den Trainingseffekt über einen längeren Zeitraum sowie notwendige Intervalle, die für die Auffrischung des Trainings erforderlich wären. Ziel dieser Studie war es daher, neben dem initialen Effekt eines strukturierten Trainings an mechanischen Thoraxkompressionsgeräten auch dessen Nachhaltigkeit über mehrere Monate zu evaluieren und daraus geeignete Trainingsintervalle abzuleiten. Zu diesem Zweck wurden die beiden am häufigsten verwendeten mechanischen Kompressionsgeräte LUCAS™ 2 und AutoPulse® untersucht und im Hinblick auf den Trainingserfolg verglichen.

Methodik

Die Studie erfolgte in Übereinstimmung mit den Vorgaben der Deklaration von Helsinki in der Fassung von 2013, nach Rücksprache mit der lokalen Ethikkommission (Universität Ulm, Deutschland) war die Beantragung eines Ethikvotums nicht erforderlich. Durchgeführt wurde die Studie in der Zentralen Interdisziplinären Notfallaufnahme (ZINA) und auf der operativen Intensivstation (ICU) eines Krankenhauses der Maximalversorgung. In der ZINA des Krankenhauses wird der LUCAS™ 2 (Jolife, Lund, Schweden) kontinuierlich vorgehalten (Schockraum, Herzkatheterlabor). Das Personal der ICU, das auch das medizinische Notfallteam des Krankenhauses stellt, verwendet für Reanimationen den AutoPulse® (Zoll Medical Deutschland, Köln, Deutschland). Daher wurden diese

beiden Geräte in der Studie mit dem jeweils entsprechenden Personal getestet. Der Trainingserfolg wurde mittels eines standardisierten Szenarios überprüft. In diesem Szenario musste ein aus zwei Personen bestehendes Team Thoraxkompressionen durchführen und gleichzeitig das mechanische Thoraxkompressionsgerät anlegen und zum Einsatz bringen. Dazu führte ein Helfer Thoraxkompressionen durch, während der andere aufgefordert wurde, das Gerät vorzubereiten und anzulegen. Das Ziel, das dem Team vorgegeben wurde, bestand darin, die No-Flow-Zeit (d. h. Unterbrechungen der Thoraxkompression, auch hands-off-time bezeichnet) so kurz wie möglich zu halten. Die Messung startete, wenn der Helfer mit der Vorbereitung des Geräts für die Anlage begann, und endete, sobald das Gerät ausreichende Thoraxkompressionen durchführte. Der Vorgang des Anlegens wurde dabei nicht vorgegeben, jedes Team konnte den Ablauf selbst festlegen. Da in der Studie das Augenmerk auf die Anlage der mechanischen Geräte und die No-Flow-Zeit gelegt wurde, wurde bewusst auf die Beatmung verzichtet, unter der Annahme, dass der Patient bereits endotracheal intubiert und maschinell beatmet wurde.

Jeder Teilnehmer sollte das Szenario vier Mal durchführen: Beim ersten Durchgang wurden dem Team das Szenario und dessen Ziel erklärt, ohne nochmalig die Gelegenheit eines Gerätetrainings zu erhalten (Messzeitpunkt 1, MZP1). Anschließend wurden Probleme und Fehler während des Szenarios besprochen und die Teammitglieder durften gemeinsam mit einem erfahrenen Anwender mit dem Gerät trainieren. Direkt darauffolgend fand der zweite Durchgang mit demselben Team bei gleichem Ziel statt (MZP2). Jeder Teilnehmer musste dieses Szenario, jeweils ohne weiteres Gerätetraining, nach einem Monat (MZP3) und nach drei Monaten (MZP4) wiederholen.

Als Studienteilnehmer wurden das nichtärztliche medizinische Fachpersonal der ZINA und der ICU rekrutiert. Die Teilnahme war freiwillig, alle Teilnehmer wurden vor Beginn der Studie über deren Ablauf und Ziel informiert und

willigten schriftlich in die Teilnahme ein. Voraussetzung für die Teilnahme war ein voraussichtlicher Verbleib im Krankenhaus für mindestens weitere drei Monate sowie eine bereits nach den Vorgaben der Medizinprodukte-Betreiberverordnung erfolgte Einweisung auf das jeweilige mechanische Thoraxkompressionsgerät. Ergebnisse von Teilnehmern, die am ersten Tag an der Studie teilgenommen hatten (MZP1 und 2), aber die Messung nach einem oder drei Monaten nicht absolvierten, wurden ausgeschlossen.

Sowohl das Personal der ZINA als auch der ICU nimmt jährlich an einem Reanimationstraining (basic life support bzw. advanced life support) teil (wobei die Anwendung mechanischer Thoraxkompressionsgeräte nicht Bestandteil des Kurses ist) und ist im Falle einer notwendigen Reanimation in seinem Arbeitsbereich fest in den Ablauf eingebunden. Da das Personal der ZINA teilweise auch am prähospitalen Rettungsdienst teilnimmt, kann nicht exakt beziffert werden, wie viele Reanimationen jährlich durch die einzelnen Mitarbeiter durchgeführt werden. In der ZINA werden pro Jahr durchschnittlich circa 10 Reanimationen durchgeführt, das Personal der ICU führt im Rahmen des krankenhausinternen medizinischen Notfallteams jährlich 25–30 Reanimationen durch.

Für die Studie wurde das Trainingsgerät Ambu M MegaCode System Wireless und zur Datenaufzeichnung die Ambu CPR Software Version 3.0.0 (Ambu GmbH, Bad Nauheim, Deutschland) verwendet. Die Übungspuppe wurde mit einer speziellen Rückenplatte (Ambu GmbH) ausgestattet, um den Thoraxdurchmesser auf 21 cm zu vergrößern. Bei allen Messungen war einer der Studienleiter anwesend, der auf Probleme bei der Geräteanlage und Bedienerfehler achtete und diese entsprechend notierte. Mit der Ambu CPR-Software wurden die Gesamtdauer der Geräteanlage und alle Unterbrechungen der Thoraxkompression (No-Flow-Zeit) aufgezeichnet. Die Kompression mit falschem Druckpunkt wurde einerseits vom Aufzeichnungssystem erkannt und angezeigt, zusätzlich vom Studienleiter visuell überprüft.

Die statistische Analyse erfolgte in einem ersten Schritt auf Testung der Normalverteilung der Daten mit dem Shapiro-Wilk-Test. Die Ergebnisse wurden mit dem t-Test für gepaarte Stichproben oder dem nichtparametrischen Wilcoxon-Mann-Whitney-Test (abhängig von Normalverteilung der Daten) unter Verwendung von IBM SPSS Statistics 24 (IBM Corp., Armonk, USA) analysiert. Metrische Daten sind als arithmetisches Mittel \pm Standardabweichung angegeben. Die statistische Signifikanz wurde mit $p<0,05$ angenommen.

Ergebnisse

Zwischen April 2016 und März 2017 nahmen insgesamt 30 Teilnehmer in der ZINA (LUCAS-Gruppe) und 35 Teilnehmer auf der ICU (AutoPulse-Gruppe) teil. Aufgrund Nichtteilnahme an Messzeitpunkten im Verlauf der Studie mussten 10 Teilnehmer der ZINA-Gruppe und 15 Teilnehmer der ICU-Gruppe ausgeschlossen werden. Gründe für die Nichtteilnahme an den weiteren Messungen waren Krankheit, Versetzung/Kommandierung sowie kurzfristig notwendig gewordene Verlegungen in

den Auslandseinsatz. Kein Teilnehmer lehnte während der Studie die weitere Teilnahme ab. Abschließend konnten 20 vollständige Datensätze in jeder Gruppe in die endgültigen Analysen einbezogen werden.

Die Ergebnisse der LUCAS-Gruppe sind in Tabelle 1 dargestellt. Die Gesamtanlagezeit war nach dem Training am ersten Tag signifikant reduziert, ebenso die No-Flow-Zeit (MZP1 vs. MZP2, $p<0,001$). Nach ein und drei Monaten (MZP3, MZP4) waren die Gesamtzeit und die No-Flow-Zeit im Vergleich zu MZP2 geringfügig, jedoch nicht signifikant verlängert. Verglichen mit dem Ausgangswert vor dem Training (MZP1) waren die Anlagezeiten nach ein und 3 Monaten (MZP3 und MZP4) nicht mehr signifikant kürzer, die No-Flow-Zeiten blieben signifikant geringer. Die No-Flow-Zeiten der LUCAS-Gruppe sind in Abbildung 1 dargestellt.

Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der AutoPulse-Gruppe. Sowohl die Gesamtzeit der Anlage als auch die No-Flow-Zeit reduzierten sich durch das Training (MZP1 vs. MZP2), signifikant jedoch lediglich die No-Flow-Zeit ($p<0,001$). Diese blieb

auch nach einem Monat (MZP3) noch signifikant verkürzt im Vergleich zu MZP1. Die No-Flow-Zeit war nach drei Monaten (MZP4) signifikant länger als nach dem Training bei MZP2 ($p<0,05$) und zu diesem Zeitpunkt nicht mehr statistisch kürzer als vor dem Training (MZP4 vs. MZP1; Abb. 2).

Anlageprobleme und Bedienungsfehler, die bei der Anwendung der Geräte dokumentiert wurden, sind, getrennt nach Messzeitpunkt, in Tabelle 3 aufgeführt. Dabei trat in mehreren Messungen auch mehr als ein Problem auf. Während es zu Beginn der Untersuchung (MZP1) bei beiden Geräten noch in mehr als der Hälfte der Fälle zu Anlageproblemen kam, traten direkt nach dem Training nahezu keine Schwierigkeiten mehr auf. Bei den weiteren Messungen nach ein und 3 Monaten waren in der LUCAS-Gruppe die Hauptprobleme eine korrekte Positionierung des Stempels und ein falscher Druckpunkt (vor allem zu distal). Ebenso war das häufigste Problem in der AutoPulse-Gruppe ein falscher Druckpunkt (vor allem zu distale Positionierung des LifeBand), gefolgt von Problemen bei der Vorbereitung des LifeBand, was teilweise einen Neustart des AutoPulse erforderlich machte.

Während der drei Monate benutzten insgesamt 3 der 40 Teilnehmer eines der Thoraxkompressionsgeräte jeweils einmal in einem realen Fall. Die statistische Auswertung, ob diese Einsätze am Patienten zu einer Veränderung der Ergebnisse führten, war bei sehr geringer Probandenzahl nicht signifikant.

Diskussion

Die hier vorliegende Studie untersucht den Einfluss eines intensiven und strukturierten Trainings an mechanischen Thoraxkompressionsgeräten und konnte zeigen, dass dieses sowohl die Gesamtanlagezeit als auch die No-Flow-Zeit, auch beim bereits erfahrenen Anwender, reduzieren kann. Bei LUCASTM 2 dauert dieser Trainingseffekt über den gesamten Untersuchungszeitraum von drei Monaten an, während sich der Trainingserfolg am AutoPulse® bereits nach drei Monaten wieder verringert.

Tabelle 1

Gruppe LUCAS: Gesamt-Anlagezeit und No-Flow-Zeit (absolut und relativ zur Gesamtzeit).

n=20	Anlagezeit (s)	No-Flow-Zeit (s)	No-Flow-Zeit (%)
MZP1	47,0±16,3	24,6±13,2	50,7±16,5
MZP2	28,2±8,0*	9,8±3,3*	37,6±15,2
MZP3	39,3±15,8	16,0±11,7 [‡]	41,5±17,4
MZP4	32,5±14,0	13,3±6,8 ⁺	42,0±12,4

Zeiten als arithmetischer Mittelwert \pm Standardabweichung dargestellt. **MZP:** Messzeitpunkt.

* MZP2 vs. MZP1: $p<0,001$, [‡] MZP3 vs. MZP1: $p=0,005$, ⁺ MZP4 vs. MZP1: $p<0,001$.

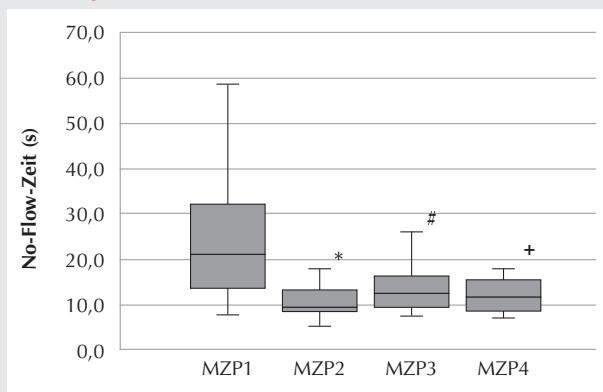
Tabelle 2

Gruppe AutoPulse: Gesamt-Anlagezeit und No-Flow-Zeit (absolut und relativ zur Gesamtzeit).

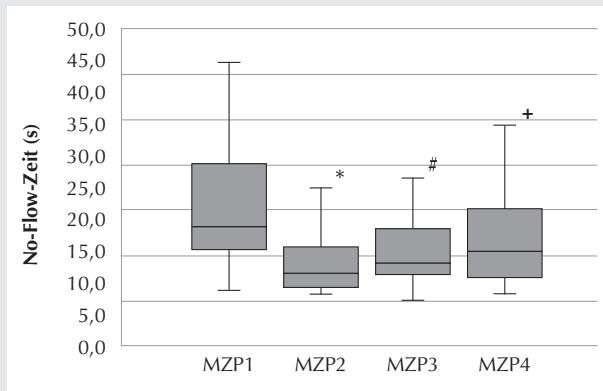
n=20	Anlagezeit (s)	No-Flow-Zeit (s)	No-Flow-Zeit (%)
MZP1	74,5±26,4	25,2±13,0	36,1±17,3
MZP2	47,8±15,2	12,7±4,7*	30,0±17,2
MZP3	48,1±17,9	14,5±5,3 [‡]	32,7±14,2
MZP4	57,5±14,2	16,8±10,2 ⁺	29,2±13,5

Zeiten als arithmetischer Mittelwert \pm Standardabweichung dargestellt. **MZP:** Messzeitpunkt.

* MZP2 vs. MZP1: $p<0,001$, [‡] MZP3 vs. MZP1: $p=0,005$, ⁺ MZP4 vs. MZP2: $p<0,05$.

Abbildung 1

No-Flow-Zeiten während der Anlage des LUCAS™ 2 unter Reanimation.
MZP: Messzeitpunkt,
MZP1: Tag 0, **MZP2:** Tag 0 nach Training, **MZP3:** nach einem Monat, **MZP4:** nach 3 Monaten.
* MZP2 vs. MZP1: p<0,001, # MZP3 vs. MZP1: p=0,005, + MZP4 vs. MZP1: p<0,001.

Abbildung 2

No-Flow-Zeiten während der Anlage des AutoPulse® unter Reanimation.
MZP: Messzeitpunkt,
MZP1: Tag 0, **MZP2:** Tag 0 nach Training, **MZP3:** nach einem Monat, **MZP4:** nach 3 Monaten.
* MZP2 vs. MZP1: p<0,001, # MZP3 vs. MZP1: p=0,005, + MZP4 vs. MZP2: p<0,05.

Tabelle 3

Aufgetretene Probleme bei der Geräteanlage, die eine Korrektur notwendig machten bzw. eine korrekte Inbetriebnahme verhinderten – zusammengefasst in jeweils 3 Kategorien (teilweise mehrere aufgetretene Probleme während einer Messung); jeweils 20 Messungen pro Gerät pro Messzeitpunkt (MZP).

LUCAS 2™	MZP1	MZP2	MZP3	MZP4
• Probleme bei der Geräteanlage, z.B. Verbindung Gerät-Unterlagebrett, Positionierung des Stempels	10	0	4	8
• Bedienerfehler, z.B. Drücken einer falschen Taste	14	1	5	3
• Probleme bei der Positionierung (falscher Druckpunkt)	6	0	8	3
AutoPulse®	MZP1	MZP2	MZP3	MZP4
• Probleme bei der Geräteanlage, z.B. Vorbereitung des LifeBand	12	2	6	7
• Bedienerfehler, z.B. Drücken einer falschen Taste	7	0	2	2
• Probleme bei der Positionierung (falscher Druckpunkt)	11	0	15	17

Sowohl die ERC-Leitlinien für Reanimation 2015 als auch die AHA-Leitlinien 2015 empfehlen, dass mechanische Thoraxkompressionsgeräte nur von gut

ausgebildetem Personal verwendet werden sollen [15,16]. In beiden Leitlinien ist jedoch nicht aufgeführt, wie diese Ausbildung durchgeführt werden sollte

oder welche spezifischen Inhalte in diesem Training notwendig sind. Daher wurden in der jüngeren Vergangenheit verschiedene Ausbildungsformen und -wege publiziert. Allen diesen Trainingsprogrammen ist gemeinsam, dass sie Simulator-basiert sind, da sowohl das anfängliche Training als auch jegliche Auffrischungsausbildung beim Menschen nicht möglich (ethisch nicht vertretbar) sind.

So führten Spiro et al. nach einer ersten Schulung durch einen Industrievertreter eine Szenario-basierte Studie mit Notfallaufnahme-Personal durch [17]. Ohne weitere Schulung mussten die Teilnehmer den AutoPulse® in einem simulierten CPR-Szenario anwenden. Nach einem intensiven Wiederholungstraining durch einen erfahrenen klinischen Anwender wurde das Szenario wiederholt. Als Ergebnis des wiederholten Trainings wurde die Zeit bis zur Positionierung des Geräts von 59 s auf 28 s verringert, dabei wurde jedoch die No-Flow-Zeit während der Anwendung nicht gemessen (bzw. nicht veröffentlicht). Aufgrund einer möglichen Verzögerung zwischen dem Beenden der manuellen CPR und dem Beginn der mechanischen Kompressionen während der Studie wurde der Ablauf während der Studie geändert und ein „Boxencrew“-Protokoll eingeführt. Dieses neue sequenzielle Protokoll entsprach einem von Ong et al. beschriebenen, der ein spezielles Training am AutoPulse® für ein neu implementiertes Reanimationsteam in einer Notaufnahme entwickelt hatte [18]. Das neue Protokoll hatte für jedes Teammitglied sowohl während der Reanimation als auch während der Anlage des Geräts definierte Rollen (wie die Boxencrew eines Rennwagenteams). Das gesamte Personal führte im neuen Protokoll über einen Monat eine videounterstützte Schulung von mindestens 30 Minuten durch. Dieses Trainingsprotokoll führte zu einer Verkürzung der Gesamtanlagezeit von 209 s auf 149 s, trotz der Tatsache, dass der AutoPulse® bereits drei Jahre zuvor in dieser Notaufnahme eingeführt worden war und bereits regelmäßig verwendet wurde. Darüber hinaus sank das No-Flow-Verhältnis

während der ersten 5 min CPR von 42% auf 27%. Dabei muss jedoch angemerkt werden, dass dieses Protokoll vorgibt, dass Rhythmusanalysen und (falls indiziert) Defibrillationen auch während der Anlage des Geräts stattfinden, was die lange Zeitdauer erklären könnte.

Im Rahmen einer Qualitätsverbesserungsinitiative führten Levy et al. ein vierstufiges Training zu CPR und Einsatz von LUCAS™ durch [21]. Die Schulung für dieses mechanische Gerät umfasste einen theoretischen Vortrag, gefolgt von einem Online-Test und zusätzlichen praktischen Übungen zur Implementierung eines neuen Algorithmus für die strukturierte Geräteanwendung. Nach Beginn dieser Initiative sank die durchschnittliche Pause vor der ersten mechanischen Kompression im Vergleich zum Vorjahr von 21 s auf 7 s. Es bleibt jedoch unklar, ob die beschriebene Pause ausschließlich durch die Anlage des Geräts bedingt war oder ob noch andere Ursachen vorhanden waren, da nur die vom Defibrillator aufgezeichneten Daten retrospektiv analysiert wurden.

Verglichen mit der aktuellen Literatur erscheinen die Ergebnisse dieser Studie übereinstimmend. Durch das intensive praktische Training in Kleingruppen konnte die Gesamtanlagezeit um ca. 40% und die No-Flow-Zeit um 50–60% reduziert werden. In der LUCAS-Gruppe liegt die (aufsummierte) mittlere No-Flow-Zeit von 9,8 s nach dem Training sogar unter der empfohlenen maximalen Pause von 10 s während der CPR [15]. Obwohl sich die No-Flow-Zeit in der AutoPulse-Gruppe nach drei Monaten wieder signifikant verlängert hat und im Vergleich zur Anlage vor dem Training nicht mehr signifikant differierte, sind die Ergebnisse am Ende des Beobachtungszeitraums immer noch vergleichbar mit anderen veröffentlichten Daten von Geräten im Routinebetrieb. In einer Simulator-basierten Cross-Over-Studie beschrieben Estock et al. Unterbrechungen während der Anlage von 31 s für den AutoPulse® und 39 s für den LUCAS™ [22]. In einer Untersuchung unserer Arbeitsgruppe in einem prähospitalen Setting wurden ohne vorheriges Training

Gesamtanlagezeiten von 41 s (LUCAS™ 2) und 65 s (AutoPulse®) sowie No-Flow-Zeiten von 20 s bzw. 31 s ermittelt [23].

Der direkte Vergleich beider Geräte ist aufgrund des Studiendesigns zwar nur eingeschränkt möglich, die Ergebnisse deuten jedoch darauf hin, dass die Handhabung des LUCAS™ einfacher und komplikationsärmer ist als die des AutoPulse®. Obwohl alle Anwender in beiden Gruppen in das jeweilige Gerät eingewiesen und mit dessen Handhabung vertraut waren, sind die Anlage- und No-Flow-Zeiten in der LUCAS-Gruppe größtenteils kürzer. Eine No-Flow-Zeit unter 10 s wurde nur in der LUCAS-Gruppe zum Messzeitpunkt 2 erreicht. Des Weiteren traten dokumentierte Probleme bei der Anlage insgesamt in der AutoPulse-Gruppe ca. 30% häufiger auf als in der LUCAS-Gruppe, bei Vergleich der Messzeitpunkte ein und 3 Monate nach dem Training sogar ca. 60% häufiger (MPZ3 und 4:49 vs. 31 Mal). Ein ähnlicher Trend wurde bereits in früheren Untersu-

chungen unserer Arbeitsgruppe gesehen [7,23]. Dabei schienen Probleme mit der Handhabung des Geräts beim AutoPulse häufiger vorzukommen (z.B. Anlage des LifeBand), während beim LUCAS mehr Bedienerfehler auftraten. Auffällig ist beim AutoPulse die hohe Rate an Anlagen mit falschem Druckpunkt, zumeist zu weit caudal. Während zum MZP2 (direkt nach dem Training) kein Gerät mit falschem Druckpunkt angelegt wurde, war dies beim AutoPulse bereits nach einem Monat bei 75% der Messungen der Fall, nach drei Monaten (MZP4) sogar bei 85% (Tab. 3). Die Ergebnisse beider Messzeitpunkte übertreffen damit sogar den Ausgangswert zum MZP1 und sind allein mit fehlendem Wissen der Teilnehmer um die korrekte Anlage wahrscheinlich nicht zu erklären. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte der Versuch der Teilnehmer sein, das Gerät möglichst schnell und mit kurzer No-Flow-Zeit anzulegen – und dies unbewusst auf Kosten einer korrekten Anlage taten. Ob dieses Phänomen ausschließlich dem Design der Studie geschuldet ist oder ob der Schwerpunkt des Trainings zu sehr auf Reduzierung der Anlagezeit und zu wenig auf eine korrekte Anlage gesetzt wurde, lässt sich nachträglich nicht eindeutig klären. Allerdings zeigen diese Ergebnisse, dass ein Training an mechanischen Thoraxkompressionsgeräten – genauso wie ein Reanimationstraining mit manueller Thoraxkompression – großen Wert auf die Bestimmung des korrekten Druckpunkts legen muss, um reanimationsbedingte Verletzungen möglichst zu minimieren. Gerade bei mechanischen Geräten ist die Gefahr von reanimationsbedingten Verletzungen nochmals größer als bei ausschließlich manueller Thoraxkompression. Dies konnten verschiedene Studien (vor allem für den AutoPulse) sowie eine Metaanalyse deutlich zeigen [24–26].

Ebenfalls auffallend bei der Auswertung der Daten ist, dass kein Teilnehmer während des dreimonatigen Untersuchungszeitraums das jeweilige mechanische Kompressionsgerät mehr als einmal in einer Reanimationssituation am

Menschen eingesetzt hat. Für die Untersuchung, ob der Einsatz eines Geräts während des Untersuchungszeitraums am Patienten einen positiven Effekt auf das weitere Trainingsergebnis hat, ergibt sich hierdurch eine sehr kleine Gruppe (n=3). Entsprechend ist aus Sicht der Autoren eine belastbare Aussage zu dieser Fragestellung nicht möglich, dies war aber auch kein initiales Ziel der Studie.

Die Häufigkeit von Herz-Kreislauf-Stillständen in der Klinik der Autoren ist sowohl in der ZINA wie auch für das medizinische Notfallteam der ICU vergleichbar zu anderen Krankenhäusern ähnlicher Größe (Jahresauswertung 2016 des Deutschen Reanimationsregisters für das Bundeswehrkrankenhaus Ulm) und scheint hierfür nicht ursächlich. Da die Leitlinien 2015 zur Reanimation sowohl von ERC wie auch AHA [15,16] jedoch den routinemäßigen Einsatz mechanischer Thoraxkompressionsgeräte nicht empfehlen, werden diese nur in speziellen Situationen eingesetzt. Dieser Umstand führt dazu, dass das medizinische Personal bei leitlinienkonformer CPR nur selten die Gelegenheit zur Anwendung der Geräte erhält. Die daraus resultierende fehlende Routine könnte im Falle eines notwendigen Einsatzes des Kompressionsgeräts problematisch sein. Dies spiegelt sich auch in den nachlassenden Ergebnissen in der hier vorliegenden Studie bereits schon nach 3 Monaten wider (vor allem AutoPulse). Als eine mögliche Konsequenz daraus könnte die routinemäßige Verwendung der mechanischen Geräte bei allen Reanimationen gesehen werden, um dem Personal eine ausreichende Routine in deren Umgang zu ermöglichen – dies stünde jedoch im Konflikt mit den aktuellen Leitlinienempfehlungen. Entsprechend kann dieses Vorgehen unter Beachtung der aktuellen Leitlinien zur kardiopulmonalen Reanimation sowie der derzeitigen Studienlage zum Outcome keine Lösung sein. Hier wäre eine präzisierende Aussage der entsprechenden Fachgesellschaften bzw. im Rahmen der Leitlinien-Aktualisierung 2020 zur Aufrechterhaltung der Anwenderkompetenz wünschenswert.

Im Rahmen der zu erhaltenden Routine mit dem mechanischen Thoraxkompressionsgerät spielt die kontinuierliche Überwachung dessen Einsatzes zur Qualitätssicherung eine wichtige Rolle. Dies wird auch in den Leitlinien 2015 zur Reanimation von AHA und ERC [15,16] empfohlen, da so Probleme bei der Nutzung der Geräte frühzeitig erkannt und gegebenenfalls Maßnahmen zur Optimierung ergriffen werden können. Den Anwendern selbst fällt eine korrekte Einschätzung bei der Nutzung oft schwer. Yost et al. erfassten in einer Arbeit zur Anwendung des LUCAS™ 2 No-Flow-Zeiten von 33 s, während die Schätzung der Anwender nur die Hälfte betrug [27]. Es erscheint daher sinnvoll, regelmäßige Auffrischungstrainings zu planen und durchzuführen, unabhängig von der subjektiven Einschätzung des Personals. Die hier vorliegenden Ergebnisse und die von Spiro et al. [17] deuten darauf hin, dass ein Auffrischungstraining innerhalb von weniger als drei Monaten noch nicht grundsätzlich notwendig ist. Blomberg et al. berichten von einer geringen Qualität bei Anwendung des LUCAS™ acht Monate nach Implementierung und Training [28]. In Zusammenschau der Ergebnisse dieser Studie mit der aktuellen Literatur könnte ein möglicher Bereich für Wiederholungstrainings mit mechanischen Thoraxkompressionsgeräten 3–6 Monate betragen.

Die hier vorgestellten Ergebnisse dürften auch für den prähospitalen Bereich interessant sein. Zwar unterscheiden sich die Indikationen für den Einsatz von mechanischen Thoraxkompressionsgeräten innerklinisch und prähospital [29], dennoch sind die Anlage vor Ort und die dabei auftretenden Probleme wahrscheinlich vergleichbar. Neben dem Einsatz im Zivilen ist weiterhin ein Nutzen der Resultate für den militärischen Bereich denkbar. Wie in früheren Studien beschrieben, können mechanische Thoraxkompressionsgeräte ein zusätzliches Hilfsmittel in Auslandseinsätzen darstellen [7,23] und dort unterstützen, wo eine Patientenbehandlung vor Ort aufgrund der Sicherheitslage oft nicht

möglich ist und nur während des Transports durchgeführt werden kann [30]. In speziellen medizinischen Trainings für sanitätsdienstliches Personal im Bereich des Militärs werden diese Prinzipien der situationsadaptierten Behandlung, angepasst an die Gefahrenlage durch feindliche Kräfte, hervorgehoben [31,32]. Ist der Einsatz mechanischer Thoraxkompressionsgeräte unter diesen Umständen geplant, muss das medizinische Personal allerdings in vergleichbarer Art ausgebildet und in Übung gehalten werden.

Limitiert wird diese Studie zum einen dadurch, dass lediglich Simulatorbasierte Daten erhoben wurden und daher keine Aussage möglich ist, ob ein intensives Gerätetraining das Patienten-Outcome verbessert. Die Ergebnisse von Spiro et al. scheinen hier einen Hinweis zu geben, dass ein strukturiertes Training an mechanischen Thoraxkompressionsgeräten das Überleben der Patienten verbessern könnte [17]. Es ist allerdings weder möglich noch ethisch vertretbar, die Vorteile einer Erstausbildung (oder eines strukturierten Folgetrainings) am Menschen zu untersuchen, entsprechend erscheint einzig eine Untersuchung mittels Simulator möglich. Es ist daher notwendig, den Einsatz mechanischer Thoraxkompressionsgeräte auch in der täglichen Praxis zu überwachen, um im Alltag auftretende Probleme zu erkennen, die bei einem Simulatortraining nicht in dieser Art abbildbar sind, beispielsweise der Umgang mit übergewichtigen Patienten. Diese kontinuierliche Qualitätssicherung wird auch das Erfassen zusätzlicher Daten bezüglich des Outcomes der Patienten ermöglichen.

Eine weitere Einschränkung dieser Studie ist die kurze Beobachtungsdauer von nur drei Monaten, die keinen Rückschluss auf einen langfristigen Trainingserfolg zulässt. Dieser Untersuchungszeitraum musste jedoch bewusst beschränkt werden, da ansonsten keine ausreichend große Teilnehmerzahl hätte erreicht werden können. Bedingt durch verschiedentliche hoheitliche Aufgaben sind die Präsenzphasen des Personals an der Institution der Autoren im Vergleich

zu einem zivilen Krankenhaus sehr fluktuiert, teilweise auch mit sehr kurzfristigen Abstellungen. Die hohe Zahl an Teilnehmern, die im Verlauf der Studie ausgeschlossen werden musste, da sie während eines der Messzeitpunkte nicht anwesend war, spiegelt dies wider. Zwar ist der Einfluss dieser hohen Ausschlussquote auf die Ergebnisse der Studie nicht exakt quantifizierbar, die Autoren gehen allerdings davon aus, dass er nicht wesentlich sei, da es sich lediglich um Teilnehmer handelte, die aus externen Gründen nicht durchgehend an der Studie teilnehmen konnten – kein einziger Teilnehmer brach die Studienteilnahme selbst ab. Aufgrund dieser Restriktion der Studiendauer ist eine klare Aussage über den exakten Zeitrahmen für Aufforschungsausbildungen mit den Daten der vorliegenden Arbeit nicht abschließend möglich, die oben aufgeführten Intervalle geben jedoch, unterstützt von den hier vorliegenden Ergebnissen sowie der weiteren publizierten Literatur, einen pragmatischen Anhalt. Für die abschließende Beantwortung dieser Fragestellung bedarf es sicherlich langfristiger Beobachtungsstudien und der kontinuierlichen Erhebung der Versorgungsdaten im Rahmen eines wie oben bereits beschriebenen, fest etablierten Qualitätssicherungsprogramms.

Schlussfolgerung

Strukturiertes praktisches Training in Kleingruppen zum Einsatz von mechanischen Thoraxkompressionsgeräten reduziert Anlagezeit und No-Flow-Zeit auch bei Anwendern, die mit dem Gerät bereits vertraut sind. Daher sollte ein solches Training allen medizinischen Mitarbeitern regelmäßig angeboten werden, die diese Geräte einsetzen. Hierbei muss neben der Minimierung der No-Flow-Zeit auch auf eine korrekte Handhabung der Geräte, vor allem auch in Hinblick auf den korrekten Druckpunkt, geachtet werden. Nach der Implementierung eines solchen Gerätes ist eine kontinuierliche Evaluierung zur Qualitätssicherung notwendig, um frühzeitig ein Nachlassen der Anlagequalität erkennen zu können.

Abkürzungsverzeichnis

AHA:	American Heart Association
CPR:	Kardiopulmonale Reanimation
ERC:	European Resuscitation Council
ICU:	Intensivstation
LUCAS:	Lund University Cardiopulmonary Assist System
MZP:	Messzeitpunkt
ZINA:	Zentrale interdisziplinäre Notfallaufnahme

Literatur

- Perkins GD, Handley AJ, Koster KW, Castren M, Smyth MA, Olsveengen T, et al: European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015. Section 2. Adult basic life support and automated external defibrillation. Resuscitation 2015;95:81–99
- Neumar RW, Shuster M, Callaway CW, Gent LM, Atkins, DL, Bhanji F, et al: Part 1: Executive Summary: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. Circulation 2015;132(2):S315–367
- Christenson J, Andrusiek D, Everson-Stewart S, Kudenchuk P, Hostler D, Powell J, et al: Chest compression fraction determines survival in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. Circulation 2009;120:1241–1247
- Vaillancourt C, Everson-Stewart S, Christenson J, Andrusiek D, Powell J, Nichol G, et al: The impact of increased chest compression fraction on return of spontaneous circulation for out-of-hospital cardiac arrest patients not in ventricular fibrillation. Resuscitation 2011;82:1501–1507
- Cunningham LM, Mattu A, O'Connor RE, Brady WJ: Cardiopulmonary resuscitation for cardiac arrest: the importance of uninterrupted chest compressions in cardiac arrest resuscitation. Am J Emerg Med 2013;30:1630–1638
- Olsveengen TM, Wik L, Steen PA: Quality of cardiopulmonary resuscitation before and during transport in out-of-hospital cardiac arrest. Resuscitation 2008;76:185–190
- Gässler H, Venzke MM, Lampl L, Helm M: Transport with ongoing resuscitation: a comparison between manual and mechanical compression. Emerg Med J 2013;30:589–592
- Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H, Sørebo H, Svensson L, Fellows B, et al: Quality of cardiopulmonary resuscitation

- during out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA* 2005;293:299–304
9. Valenzuela TD, Kern KB, Clark LL, Berg RA, Berg MD, Berg DD, et al: Interruptions of chest compressions during emergency medical systems resuscitation. *Circulation* 2005;112:1259–1265
 10. Olasveengen TM, Tomlinson AE, Wik L, Sunde K, Steen PA, Myklebust H, et al: A failed attempt to improve quality of out-of-hospital CPR through performance evaluation. *Prehosp Emerg Care* 2007;11:427–433
 11. Rubertsson S, Lindgren E, Smekal D, Östlund O, Silfverstolpe J, Lichtveld RA, et al: Mechanical chest compressions and simultaneous defibrillation vs conventional cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital cardiac arrest: the LINC randomized trial. *JAMA* 2014;311:53–61
 12. Wik L, Olsen JA, Persse D, Sterz F, Lozano M Jr, Brouwer MA, et al: Manual vs. integrated automatic load-distributing band CPR with equal survival after out of hospital cardiac arrest. The randomized CIRC trial. *Resuscitation* 2014;85:741–748
 13. Perkins GD, Lall R, Quinn T, Deakin CD, Cooke MW, Horton J, et al: Mechanical versus manual chest compression for out-of-hospital cardiac arrest (PARAMEDIC): a pragmatic, cluster randomised controlled trial. *Lancet* 2015;385:947–955
 14. Youngquist ST, Ockерse P, Hartsell S, Stratford C, Taillac P: Mechanical chest compression devices are associated with poor neurological survival in a statewide registry: a propensity score analysis. *Resuscitation* 2016;106:102–107
 15. Soar J, Nolan JP, Böttiger BW, Perkins GD, Lott C, Carli P, et al: European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015. Section 3: Adult advanced life support. *Resuscitation* 2015;95:100–147
 16. Brooks SC, Anderson ML, Bruder E, Daya MR, Gaffney A, Otto CW, et al: Part 6: alternative techniques and ancillary devices for cardiopulmonary resuscitation: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2015;132(2):S436–443
 17. Spiro JR, White S, Quinn N, Gubran CJ, Ludman PF, Townend JN, et al: Automated cardiopulmonary resuscitation using a load distributing band external cardiac support device for in-hospital cardiac arrest: a single centre experience of AutoPulse-CPR. *Int J Cardiol* 2015;180:7–14
 18. Ong MEH, Quah JL, Annathurai A, Noor NM, Koh ZX, Tan KB, et al: Improving the quality of cardiopulmonary resuscitation by training dedicated cardiac arrest teams incorporating a mechanical load-distributing device at the emergency department. *Resuscitation* 2013;84:508–514
 19. Rubertsson S, Silfverstolpe J, Rehn L, Nyman T, Lichtveld R, Boomars R, et al: The study protocol for the LINC (LUCAS in Cardiac Arrest) study: a study comparing conventional adult out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation with a concept with mechanical chest compressions and simultaneous defibrillation. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2013;21:5
 20. Lerner EB, Persse D, Souders CM, Sterz F, Malzer R, Lozano M, et al: Design of the Circulation Improving Resuscitation Care (CIRC) Trial: a new state of the art design for out-of-hospital cardiac arrest research. *Resuscitation* 2011;82:294–299
 21. Levy M, Yost D, Walker RG, Scheunemann E, Mendive SR: A quality improvement initiative to optimize use of mechanical chest compression device within a high-performance CPR approach to out-of-hospital cardiac arrest resuscitation. *Resuscitation* 2015;92:32–37
 22. Estock JL, Curinga HK, Li A, Grieve LB, Brackney CR: Comparison of chest compression interruption across 2 automated devices: a randomized crossover simulation study. *Am J Emerg Med* 2016;34:57–62
 23. Gässler H, Kümmel S, Ventzke MM, Lampl L, Helm M: Mechanical chest compression: an alternative in helicopter emergency medical services. *Intern Emerg Med* 2015;10:715–720
 24. Pinto DC, Haden-Pinneri K, Love JC: Manual and automated cardiopulmonary resuscitation (CPR): a comparison of associated injury patterns. *J Forensic Sci* 2013; 58: 904–909
 25. Truhlar A, Hejna P, Zabka L et al: Injuries caused by the AutoPulse and the LUCAS II resuscitation systems compared to manual chest compressions. Abstract. *Resuscitation* 2010;81(2):S62
 26. Khan SU, Lone AN, Talluri S, Khan MZ, Khan MU, Kaluski E: Efficacy and safety of mechanical versus manual compression in cardiac arrest – A Bayesian network meta-analysis. *Resuscitation* 2018;130:182–188
 27. Yost D, Phillips RH, Gonzales L, Lick CJ, Satterlee P, Levy M, et al: Assessment of CPR interruptions from transthoracic impedance during use of LUCAS mechanical chest compression system. *Resuscitation* 2012;83:961–965
 28. Blomberg H, Gedeborg R, Berglund L, Karlsten R, Johansson J: Poor chest compression quality with mechanical compressions in simulated cardiopulmonary resuscitation: A randomized, cross-over manikin study. *Resuscitation* 2011;82:1332–1337
 29. Gässler H, Helm M, Lampl L: Mechanische Thoraxkompressionsgeräte. Aktueller Stand und mögliche Einsatzgebiete. *Notarzt* 2016;32:130–139
 30. Dawes R, Thomas GO: Battlefield resuscitation. *Current Opinion in Critical Care* 2009;15:527–535
 31. NAEMT, American College of Surgeons Committee on Trauma: PHTLS. Prehospital Trauma Life Support. Military Seventh Edition. Burlington: Jones & Bartlett Learning 2014
 32. Helm M, Lührs J, Josse F, Kremers G, Weller N, Lampl L: Konzept zur Basisausbildung von Notärzten im Sanitätsdienst der Bundeswehr. Ein Pilotprojekt am Bundeswehrkrankenhaus Ulm. *Notfall Rettungsmed* 2012;15:146–151.

Korrespondenzadresse

**Dr. med.
Holger Gässler**



Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Sektion Notfallmedizin
Bundeswehrkrankenhaus Ulm
Oberer Eselsberg 40
89081 Ulm, Deutschland
Tel.: 0731 1710-26501
E-Mail:
holgergaessler@bundeswehr.org