

Notfall Rettungsmed 2021 · 24:386–405  
<https://doi.org/10.1007/s10049-021-00885-x>  
 Angenommen: 19. April 2021  
 Online publiziert: 2. Juni 2021  
 © European Resuscitation Council (ERC),  
 German Resuscitation Council (GRC), Austrian  
 Resuscitation Council (ARC) 2021



Theresa M. Olasveengen<sup>1</sup> · Federico Semeraro<sup>2</sup> · Giuseppe Ristagno<sup>3,4</sup> ·  
 Maaret Castren<sup>5</sup> · Anthony Handley<sup>6</sup> · Artem Kuzovlev<sup>7</sup> · Koenraad G. Monsieurs<sup>8</sup> ·  
 Violetta Raffay<sup>9</sup> · Michael Smyth<sup>10,11</sup> · Jasmeet Soar<sup>12</sup> ·  
 Hildigunnur Svavarsdóttir<sup>13,14</sup> · Gavin D. Perkins<sup>10,15</sup>

<sup>1</sup> Department of Anesthesiology, Oslo University Hospital and Institute of Clinical Medicine, University of Oslo, Oslo, Norwegen; <sup>2</sup> Department of Anaesthesia, Intensive Care and Emergency Medical Services, Maggiore Hospital, Bologna, Italien; <sup>3</sup> Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency, Fondazione IRCCS Ca' Granda, Ospedale Maggiore Policlinico, Mailand, Italien; <sup>4</sup> Department of Pathophysiology and Transplantation, University of Milan, Mailand, Italien; <sup>5</sup> Emergency Medicine, Helsinki University and Department of Emergency Medicine and Services, Helsinki University Hospital, Helsinki, Finnland; <sup>6</sup> Cambridge, Großbritannien; <sup>7</sup> Federal Research and Clinical Center of Intensive Care Medicine and Rehabilitology, V.A. Negovsky Research Institute of General Reanimatology, Moskau, Russland; <sup>8</sup> Department of Emergency Medicine, Antwerp University Hospital and University of Antwerp, Antwerpen, Belgien; <sup>9</sup> Department of Medicine, School of Medicine, European University Cyprus, Nikosia, Zypern; <sup>10</sup> Warwick Clinical Trials Unit, Warwick Medical School, University of Warwick, Coventry, Großbritannien; <sup>11</sup> West Midlands Ambulance Service, Brierly Hill, Großbritannien; <sup>12</sup> Southmead Hospital, North Bristol NHS Trust, Bristol, Großbritannien; <sup>13</sup> Akureyri Hospital, Akureyri, Island; <sup>14</sup> Institute of Health Science Research, University of Akureyri, Akureyri, Island; <sup>15</sup> University Hospitals Birmingham, Birmingham, Großbritannien

## Basismaßnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener (Basic Life Support)

### Leitlinien des European Resuscitation Council 2021

#### Einleitung und Umfang

Diese Leitlinie basiert auf dem International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) Consensus on Science and Treatment Recommendations (CoSTR) 2020 für Basic Life Support [1]. Für diese ERC-Leitlinien wurden die ILCOR-Empfehlungen ergänzt, durch eine fokussierte Literaturüberprüfung der Autoren der Leitlinien zu Themen, die im ILCOR CoSTR 2020 nicht berücksichtigt wurden. Wo notwendig, wurde zusätzlicher

Die Leitlinien wurden mit dem generischen Maskulin übersetzt. Bitte beachten Sie, dass alle Personenbezeichnungen gleichermaßen für beide Geschlechter gelten.

Die Übersetzung beruht auf der Version vom 29.01.2021. Bis zur Publikation des englischen Originals in *Resuscitation* wurden in manchen Kapiteln Literaturstellen korrigiert oder andere Änderungen vorgenommen, die den Sinn nicht wesentlich ändern.

Expertenkonsens durch die Leitlinienverfasser ergänzt.

Die BLS-Leitlinienverfasser waren sich bewusst, dass jede Übereinstimmung mit bisherigen Leitlinien zu mehr Vertrauen und Ermutigung bei den Helfern führt, bei einem Kreislaufstillstand tätig zu werden. Das Nichterkennen eines Kreislaufstillstands verhindert, dass mehr Leben gerettet werden. In den ILCOR CoSTR [2] wurde extra die Formulierung gewählt, mit der Wiederbelebung sei zu beginnen, wenn eine Person „bewußtlos ist und nicht normal atmet“. Dies wurde ebenfalls in die Leitlinien für BLS 2021 übernommen. Wer Wiederbelebung lernt oder anwendet, soll sich daran erinnern, dass eine Schnappatmung Zeichen eines Kreislaufstillstands sein kann. Die Seitenlage wird im Kapitel „Erste Hilfe“ der ERC-Leitlinien 2021 beschrieben [3]. Dort wird betont, dass sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern nur

solche Personen in die Seitenlage gebracht werden sollen, bei denen eine Bewusstseinsstrübung aus innerer Ursache vorliegt. Die Seitenlage soll nur angewendet werden, wenn KEINE Wiederbelebung (CPR) notwendig ist. Die Atmung eines Patienten in Seitenlage muss lückenlos überwacht werden. Jeder Patient, dessen Atmung aussetzt oder auffällig wird, muss in die Rückenlage gebracht werden und es muss sofort mit einer Herzdruckmassage begonnen werden. Zum Schluss wurden Maßnahmen bei der Verlegung der Atemwege durch Fremdkörper umfassend aktualisiert. Der Behandlungsalgorithmus blieb unverändert.

Der ERC hat darüber hinaus im Jahr 2020 auf Basis der ILCOR-Empfehlungen und einer systematischen Literaturdurchsicht [4, 5] einen Leitfaden erstellt – explizit als Hilfestellung bei Kreislaufstillständen von Personen mit einer Erkrankung mit dem Coronavirus



**Abb. 1** ▲ BLS Zusammenfassung

(COVID-19) [6]. Unser Wissen über die optimale Behandlung von COVID-Patienten, das Risiko einer Virusübertragung und die Infektionsgefahr für Hilfeleistende bei einer Wiederbelebung ist unvollständig und im Fluss. Daher wird empfohlen, was Behandlungen und Vorsichtsmaßnahmen angeht, sich an den jeweils aktuellen nationalen und internationalen Regeln und an lokalen Bestimmungen zu orientieren.

Die Leitlinien wurden von den BLS(Basic Life Support)-Autoren entworfen und konsentiert. Die Methodik der Leitlinienerstellung wird in der Zu-

sammenfassung dargestellt [7]. Die Leitlinien wurden im Oktober 2020 online zur Diskussion gestellt. Rückmeldungen wurden von den Leitlinienautoren gesichtet und falls angebracht eingearbeitet. Die ERC-Generalversammlung hat am 10. Dezember 2020 die Leitlinie verabschiedet.

Kernaussagen dieses Kapitels der Leitlinien finden sich in der **Abb. 1**.

### Präzise Aussagen für die Praxis

Der BLS-Algorithmus wird in der **Abb. 2** dargestellt, Handlungsanwei-

sungen Schritt für Schritt zeigt die **Abb. 3**.

### Erkennen eines Kreislaufstillstands

- Beginnen Sie mit der Wiederbelebung bei jeder Person, die nicht auf Ansprache reagiert und keine normale Atmung hat.
- Schnappatmung soll als Zeichen eines Kreislaufstillstands gewertet werden.
- Zu Beginn eines Kreislaufstillstands können kurze Zeit krampfartige Bewegungen auftreten. Reagiert die Person im Anschluss daran nicht und hat sie keine normale Atmung, beginnen Sie mit der Wiederbelebung.

### Alarmieren des Rettungsdiensts

- Wenn eine Person nicht reagiert und keine normale Atmung hat, alarmieren Sie sofort den Rettungsdienst.
- Notfallzeugen, die über ein Mobiltelefon verfügen, sollen die Notrufnummer wählen, die Lautschaltung aktivieren und sofort mit der vom Leitstellendisponenten unterstützten/assistierten Wiederbelebung beginnen.
- Ist ein Notfallzeuge allein und muss den Patienten für den Notruf verlassen, soll er erst den Notruf tätigen und dann mit der Wiederbelebung beginnen.

### Hochwertige Herzdruckmassage

- So früh wie möglich mit den Thoraxkompressionen starten.
- Druckpunkt: untere Hälfte des Brustbeins (Mitte der Brust).
- Drucktiefe mindestens 5, maximal 6 cm.
- Frequenz 100–120 pro Minute mit so wenig Unterbrechungen wie möglich.
- Nicht mit dem eigenen Körpergewicht auf dem Brustkorb des Patienten verbleiben, der Brustkorb muss sich nach Kompression wieder ausdehnen.
- Herzdruckmassage, wann immer möglich, auf harter Unterlage durchführen.

## Atemspende

- Beginnend mit 30 Thoraxkompressionen im Wechsel mit 2 Beatmungen.
- Wenn Sie nicht in der Lage sind zu beatmen, führen Sie kontinuierliche Thoraxkompressionen durch.

## AED Automatisierte externe Defibrillatoren

### Wie finde ich einen AED?

- Standorte von AED sollen eindeutig gekennzeichnet sein.

### Wann und wie setze ich einen AED ein?

- Sobald ein AED am Ort des Notfalls verfügbar ist, schalten Sie das Gerät ein.
- Kleben Sie die Elektroden auf die entblößte Brust des Patienten, so wie es auf dem Gerät oder den Elektroden angezeigt ist.
- Ist ein zweiter Helfer anwesend, soll ein Helfer während des Aufklebens der Elektroden kontinuierlich Thoraxkompressionen durchführen.
- Folgen Sie den Sprach-(und oder Bild-)Anweisungen des Geräts.
- Stellen Sie sicher, dass niemand den Patienten während der Herzrhythmusanalyse durch das Gerät berührt.
- Überzeugen Sie sich, dass während der Schockabgabe niemand den Patienten berührt. Betätigen Sie den Knopf, der den Schock auslöst, und setzen Sie anschließend die Wiederbelebung mit 30 Thoraxkompressionen fort.
- Ist kein Schock angezeigt, setzen Sie unmittelbar die Wiederbelebung mit 30 Thoraxkompressionen fort.
- Folgen Sie auf jeden Fall den Anweisungen des AED, in der Regel sind 2 min Wiederbelebung angezeigt, bevor der AED eine weitere Pause zur Rhythmusanalyse einfordert.

### Thoraxkompressionen vor Defibrillation

- Unterbrechen Sie die Wiederbelebungsmaßnahmen nicht, bis der AED (oder ein anderer Defibrillator) vor Ort eingeschaltet und am Patienten angelegt ist.

Notfall Rettungsmed 2021 · 24:386–405 <https://doi.org/10.1007/s10049-021-00885-x>  
© European Resuscitation Council (ERC), German Resuscitation Council (GRC), Austrian Resuscitation Council (ARC) 2021

T. M. Olasveengen · F. Semeraro · G. Ristagno · M. Castren · A. Handley · A. Kuzovlev · K. G. Monsieurs · V. Raffay · M. Smyth · J. Soar · H. Svavarsdóttir · G. D. Perkins

## Basismaßnahmen zur Wiederbelebung Erwachsener (Basic Life Support). Leitlinien des European Resuscitation Council 2021

### Zusammenfassung

Der Europäische Rat für Wiederbelebung hat diese Leitlinie – Basismaßnahmen zur Wiederbelebung – auf Grundlage des International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation Science with Treatment Recommendations 2020 erstellt. Die behandelten Themen umfassen: Erkennen eines Herz-Kreislauf-Stillstands, Alarmierung des Rettungsdienstes, Herzdruckmassage (Thoraxkompressionen), Beatmung/Atemspende, automatisierte externe Defibrillation (AED), Qualitätsmessung

der Wiederbelebung, neue Technologien, Sicherheit und Verlegung der Atemwege durch Fremdkörper.

### Schlüsselwörter

Leitlinien · Basismaßnahmen zur Wiederbelebung · Kardiopulmonale Reanimation · Thoraxkompression · Beatmung · Atemspende · Automatisierter externer Defibrillator · Rettungsdienst · Leitstellendisposition

## Basic life support. European Resuscitation Council Guidelines 2021

### Abstract

The European Resuscitation Council has produced these basic life support guidelines, which are based on the 2020 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation Science with Treatment Recommendations. The topics covered include cardiac arrest recognition, alerting emergency services, chest compressions, rescue breaths, automated external defibrillation (AED), cardiopulmonary resuscitation (CPR) quality

measurement, new technologies, safety, and foreign body airway obstruction.

### Keywords

Guidelines · Basic life support · Cardiopulmonary resuscitation · Chest compression · Ventilation · Rescue breaths · Automated external defibrillator · Emergency medical services · Emergency medical dispatch

- Wenn der AED einsatzbereit ist, verzögern Sie die Defibrillation nicht zugunsten weiterer Thoraxkompressionen.

### Vollautomatische AED

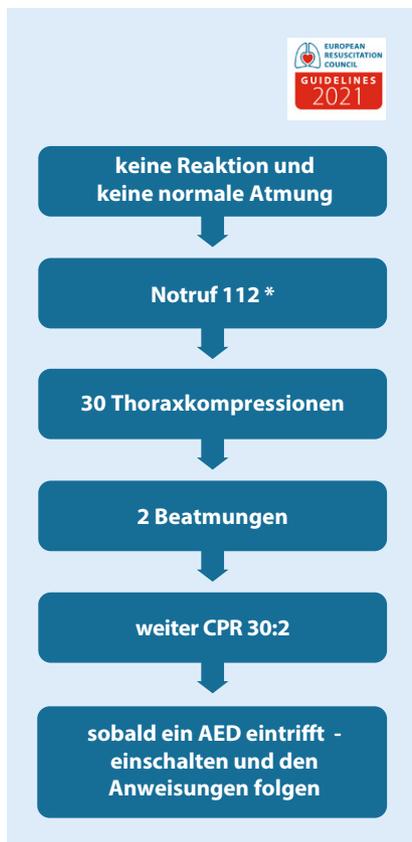
- Diese Geräte sind so konstruiert, dass sie selbsttätig einen Schock abgeben.
- Ihre Sicherheit ist noch nicht gut untersucht worden.

### Sicherheit eines AED

- Viele Studien zu öffentlich zugänglichen AED haben gezeigt, dass diese Geräte von Notfallzeugen und Ersthelfern sicher angewendet werden können. Obwohl Schäden für einen Helfer bei der Schockabgabe sehr selten sind, sollen während der Schockabgabe keine Thoraxkompressionen durchgeführt werden.

## Sicherheit

- Stellen Sie sicher, dass Sie, der Patient und alle Notfallzeugen in Sicherheit sind.
- Bei Verdacht auf einen Kreislaufstillstand sollen Laienhelfer ohne Bedenken hinsichtlich eines Schadens Wiederbelebungsmaßnahmen durchführen, auch auf die Gefahr hin, dass bei dem Patienten kein Kreislaufstillstand vorliegt.
- Laienhelfer können Thoraxkompressionen und AED-Einsatz sicher durchführen, ein Infektionsrisiko durch die Herzdruckmassage oder Beeinträchtigungen durch versehentlichen Schock über den AED sind sehr selten.
- Für die Wiederbelebung von Personen mit Verdacht auf oder nachgewiesenem Coronavirus (SARS-



**Abb. 2** ▲ BLS Algorithmus. \* oder die in Ihrem Land geläufige Notrufnummer

CoV-2) Virus wurden gesonderte Leitlinien erstellt. Siehe [www.erc.edu/covid](http://www.erc.edu/covid)

### Technische Hilfen

- Rettungssysteme sollen neue Techniken wie Smartphones mit Video-funktionen, künstliche Intelligenz und Drohnen nutzen, um Kreislaufstillstände zu erkennen, Ersthelfer zu alarmieren, mit Notfallzeugen zu kommunizieren und sie über den Leitstellendisponenten anzuleiten sowie AED an den Ort des Geschehens zu transportieren.

### Atemwegsverlegung durch Fremdkörper

- Wenn jemand besonders während des Essens würgt und nicht mehr reden oder sprechen kann.
- Ermuntern Sie den Betroffenen zu husten.
- Ist das Husten wirkungslos:

- Beugen Sie die Person nach vorn.
- Geben Sie mit einer Hand 5 Rückenschläge zwischen die Schulterblätter.
- Sind die Rückenschläge wirkungslos, geben Sie 5 Oberbauchstöße
  - Stellen Sie sich hinter den Patienten und legen Sie beide Arme um seinen Oberbauch,
  - lehnen Sie den Patienten nach vorn,
  - ballen Sie die Faust und legen Sie sie zwischen Nabel und Brustkorb,
  - greifen Sie diese Hand mit der anderen und ziehen Sie kräftig nach innen und oben.
- Falls die Verlegung immer noch nicht beseitigt ist, fahren Sie abwechselnd mit 5 Rückenschlägen und 5 Oberbauchstößen fort.
- Wird der Patient bewusstlos, beginnen Sie mit der Wiederbelebung.

### Evidenz, die den Leitlinien zugrunde liegt

#### Erkennen des Kreislaufstillstands

Eine in der Praxis bewährte Definition des Kreislaufstillstands bezeichnet eine Person, die weder reagiert noch eine normale Atmung [8] hat. Frühere Leitlinien umfassten auch das Fehlen eines tastbaren Pulses als Kriterium. Dies verlässlich in einer stressigen Notfallsituation festzustellen, hat sich sowohl für Fachpersonal als auch Laien als schwierig erwiesen [9–13]. Nicht zu reagieren und nicht normal zu atmen, findet sich zwar auch bei anderen lebensbedrohlichen medizinischen Notfällen, hat sich aber als sehr zuverlässiges Zeichen eines Kreislaufstillstands erwiesen.

Die Anwendung dieser Kriterien könnte zu einer leichten Übertherapie führen. Aber die erhöhte Mortalität bei einem nicht behandelten Kreislaufstillstand wiegt schwerer als das Risiko, mit einer Wiederbelebung zu beginnen, falls bei einem nicht reagierenden, nicht normal atmenden Patienten kein Kreislaufstillstand vorliegt [1].

#### Schnappatmung

Schnappatmung ist eine langsame, tiefe Atmung, oft als schnarchendes Geräusch

zu hören. Sie wird vom Hirnstamm gesteuert, dem Teil des Gehirns, der auch im Sauerstoffmangel noch einige Minuten funktionsfähig bleibt. Sie kann bei etwa 50% der Kreislaufstillstände auftreten und ist mit einer besseren Prognose verbunden [14, 15]. Schnappen, Seufzen, Stöhnen und andere von Laien gebrauchte Begriffe stellen für sie selbst und für die Leitstellendisponenten eine Herausforderung dar, da sie als Lebenszeichen fehlinterpretiert werden können [14, 16, 17]. Schnappatmung bleibt eine der häufigsten Gründe, warum ein OHCA (Kreislaufstillstand außerhalb eines Krankenhauses) nicht erkannt wird [18–25]. Schnappatmung früh zu erkennen, ist eine Grundvoraussetzung für frühe Wiederbelebung und frühe Defibrillation. Wenn sie vom Leitstellendisponenten nicht erkannt wird, führt dies zu einer verminderten Überlebensrate [21, 26].

Die Schnappatmung als Lebenszeichen fehlzudeuten, kann Notfallzeugen dazu veranlassen, den Patienten in die Seitenlage zu verbringen, statt mit der Wiederbelebung zu beginnen. Das Risiko, zu spät mit einer Wiederbelebung zu starten, überwiegt das Risiko, eine Person wiederzubeleben, die keinen Kreislaufstillstand hat.

#### Krämpfe

Krämpfe sind häufige medizinische Notfälle und zu 3–4% Anlass für einen Notruf [27–29].

Krampfähnliche Bewegungen von kurzer Dauer sind häufig Begleitzeichen eines Kreislaufstillstands und werden oft nicht als solche erkannt. Kreislaufstillstände machen lediglich 0,6–2,1% der Notrufe aus [28, 30]. In einer jüngeren Beobachtungsstudie konnten 3502 Patienten registriert werden, die außerhalb eines Krankenhauses/präklinisch einen Kreislaufstillstand erlitten hatten und krampfähnliche Bewegungen gezeigt hatten (OHCA). 4,3% ( $n=149$ ) zeigten krampfähnliche Aktivitäten [31]. Diese Patienten waren jünger (54 vs. 66 Jahre,  $p < 0,05$ ), hatten häufiger einen beobachteten Kreislaufstillstand (88 vs. 45%,  $p < 0,005$ ), wurden eher in einem defibrilrierbaren Rhythmus angetroffen (52 vs. 24%,  $p > 0,05$ ) und überlebten öfter bis zur

HANDLUNGSABFOLGE	MASSNAHMEN
<b>SICHERHEIT</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sorgen Sie für die Sicherheit von Helfern und Patienten</li> </ul>
<b>REAKTION</b> Überprüfen Sie die Ansprechbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schütteln Sie die Person sanft an den Schultern und fragen Sie „Ist alles in Ordnung?“</li> </ul>
<b>ATEMWEG</b> Öffnen der Atemwege 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erfolgt keine Reaktion, legen Sie die Person auf den Rücken</li> <li>Ziehen Sie mit einer Hand auf der Stirn und mit den Fingerspitzen der anderen Hand an der Kinnspitze sanft den Kopf nackenwärts, um die Atemwege zu öffnen</li> </ul>
<b>ATMUNG</b> Sehen, Hören, Fühlen 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kontrollieren Sie die Atmung durch Sehen, Hören und Fühlen nicht länger als 10 Sekunden</li> <li>Während der ersten Minuten nach einem Kreislaufstillstand ist es möglich, dass ein Patient kaum atmet oder nur vereinzelte geräuschvolle Atemzüge macht – dies ist keine normale Atmung</li> </ul>
<b>FEHLENDE ODER NICHT NORMALE ATMUNG</b> Alarmieren Sie den Rettungsdienst 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reagiert der Patient nicht oder atmet er nicht normal, alarmieren Sie den Rettungsdienst oder beauftragen Sie einen Helfer</li> <li>Verlassen Sie den Patienten nur, wenn es keine andere Möglichkeit gibt</li> <li>Aktivieren Sie die Lautsprecherfunktion Ihres Telefons, damit Sie während der Wiederbelebung mit dem Leitstellendisponenten sprechen und seinen Anweisungen folgen können</li> </ul>
<b>AED HOLEN LASSEN</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schicken Sie jemanden los, einen AED zu holen</li> <li>Sind Sie allein, verlassen Sie den Patienten nicht und beginnen Sie mit der Wiederbelebung</li> </ul>
<b>KREISLAUF</b> Beginnen Sie mit Thoraxkompressionen 	<ul style="list-style-type: none"> <li>Knien Sie neben den Patienten</li> <li>Legen Sie den Ballen einer Hand auf die Mitte der Brust (entspricht der unteren Hälfte des Brustbeins [Sternum])</li> <li>Legen Sie den Ballen der anderen Hand auf die erste Hand und verschränken Sie die Finger</li> <li>Halten Sie die Arme gerade</li> <li>Bringen Sie Ihre Schultern senkrecht über den Brustkorb und drücken Sie das Brustbein mindestens 5 cm (jedoch nicht mehr als 6 cm) nach unten</li> <li>Entlasten Sie nach jeder Kompression vollständig den Brustkorb, ohne den Kontakt zwischen den Händen und dem Brustkorb zu verlieren</li> <li>Wiederholen Sie dies mit einer Frequenz von 100–120 pro Minute</li> </ul>

Abb. 3 ◀ BLS Schritt für Schritt

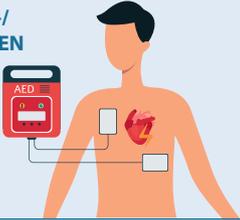
HANDLUNGSABFOLGE	MASSNAHMEN
<p><b>KOMBINIEREN SIE THORAXKOMPRESSIONEN UND BEATMUNG</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falls Sie trainiert sind, machen Sie nach 30 Kompressionen die Atemwege durch Überstrecken des Halses und Anheben des Kinns wieder frei</li> <li>• Lassen Sie den Mund sich öffnen, aber heben Sie weiterhin das Kinn an</li> <li>• Atmen Sie normal ein und legen Sie Ihre Lippen um den Mund des Patienten und achten Sie auf eine gute Abdichtung</li> <li>• Blasen Sie gleichmäßig in den Mund, während Sie beobachten, dass sich der Brustkorb wie bei einer normalen Atmung in rund 1 s hebt; das ist eine effektive Beatmung</li> <li>• Nehmen Sie Ihren Mund von dem des Patienten, während Sie den Hals überstreckt und das Kinn angehoben halten, und beobachten Sie, wie der Brustkorb sich beim Entweichen der Luft senkt</li> <li>• Atmen Sie erneut normal ein und blasen Sie noch einmal in den Mund des Patienten, um insgesamt 2 effektive Beatmungen zu erzielen</li> <li>• Unterbrechen Sie für 2 Beatmungen die Kompressionen nicht für mehr als 10 s, auch wenn eine der Beatmungen ineffektiv erscheint</li> <li>• Legen Sie dann Ihre Hände erneut auf die richtige Stelle auf dem Brustbein und führen Sie weitere 30 Thoraxkompressionen durch</li> <li>• Fahren Sie mit Thoraxkompressionen und Beatmungen im Verhältnis 30:2 fort</li> </ul>
<p><b>REANIMATION OHNE BEATMUNG</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falls Sie nicht trainiert sind oder nicht im Stande zu beatmen, führen Sie (nur) die Thoraxkompressionen fort</li> <li>• Kontinuierliche Thoraxkompressionen mit einer Frequenz von 100–120 pro Minute</li> </ul>
<p><b>WENN DER AED VERFÜGBAR IST</b> Schalten Sie den AED ein und kleben Sie die Elektroden auf</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobald ein AED verfügbar ist, schalten Sie ihn ein und kleben die selbstklebenden Elektroden auf die nackte Brust des Patienten</li> </ul>
<p><b>FOLGEN SIE DEN SPRACH-/ BILDSCHIRMANWEISUNGEN</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Folgen Sie den Sprachanweisungen des AED</li> <li>• Stellen Sie sicher, dass niemand den Patienten berührt, wenn ein Schock empfohlen wird</li> <li>• Drücken Sie den Auslöseknopf, wenn Sie dazu aufgefordert werden</li> <li>• Starten Sie unverzüglich erneut mit der Wiederbelebung und folgen Sie weiter den Sprachanweisungen des Geräts</li> </ul>

Abb. 3 ◀ (Fortsetzung)

Entlassung aus dem Krankenhaus (44 vs. 16%). Ähnlich wie bei der Schnappatmung führten krampfähnliche Episoden bei einem nicht reagierenden, nicht normal atmenden Patienten zu Problemen beim Erkennen des Kreislaufstillstands

durch Laien/Notfallzeugen und Leitstellendisponenten. (Mittlere Zeit bis zur Wahrnehmung des Kreislaufstillstands durch den Leitstellendisponenten (130 s vs. 62 s,  $p > 0,05$ ) [31].

Das Erkennen eines Kreislaufstillstands nach einem solchen Krampfergebnis – wenn der Patient nicht reagiert und nicht normal atmet – ist wichtig, um eine verzögerte Wiederbelebung zu vermeiden. Das Risiko, eine notwendige

SEQUENCE/ACTION	TECHNICAL DESCRIPTION
<p><b>WENN KEIN SCHOCK EMPFOHLEN WIRD</b> Führen Sie die Wiederbelebung fort</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nehmen Sie unverzüglich die Wiederbelebung wieder auf und folgen Sie den Sprachanweisungen</li> </ul>
<p><b>IST KEIN AED VERFÜGBAR</b> Führen Sie die Wiederbelebung fort</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ist kein AED verfügbar oder</li> <li>• Sie warten darauf, dass dieser gebracht wird, so fahren Sie mit der Wiederbelebung fort</li> <li>• Unterbrechen Sie die Maßnahmen nicht, bis:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein professioneller Helfer Sie anweist, aufzuhören</li> </ul> </li> <li>• Oder             <ul style="list-style-type: none"> <li>• der Patient wirklich aufwacht, sich bewegt, die Augen öffnet und normal zu atmen beginnt</li> </ul> </li> <li>• Oder             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sie erschöpft sind</li> </ul> </li> <li>• Es ist selten, dass durch Wiederbelebung allein wieder ein Kreislauf erreicht wird. Wenn Sie nicht wirklich sicher sind, fahren Sie mit der Wiederbelebung fort, bis der Patient Zeichen der Erholung zeigt:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Er wacht auf</li> <li>• Er öffnet die Augen</li> <li>• Er atmet normal</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>WENN DER PATIENT NICHT REAGIERT, ABER NORMAL ATMET</b> Seitenlage, wenn nicht ansprechbar, aber normal atmend</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wenn Sie sicher sind, dass der Patient normal atmet, aber nicht reagiert, drehen Sie ihn in die Seitenlage (Erste-Hilfe-Kapitel)</li> <li>• Seien Sie bereit, sofort wieder mit der Wiederbelebung zu beginnen, wenn sich der Zustand des Patienten wieder verschlechtert (fehlende oder nicht normale Atmung)</li> </ul>

Abb. 3 ◀ (Fortsetzung)

Wiederbelebung zu verzögern, ist größer als eine Person wiederzubeleben, welche keinen Kreislaufstillstand hat.

### Alarmierung des Rettungsdiensts

Die Frage „erst alarmieren oder erst wiederbeleben“ mag von praktischer Relevanz sein, wenn im Notfall kein Telefon zur Hand ist. Da aber Mobiltelefone die Telekommunikation inzwischen dominieren, bedeutet eine Alarmierung des Rettungsdiensts keine Verzögerung der Wiederbelebung. Nach einem systematischen Review empfiehlt das ILCOR

Notfallzeugen, welche über ein Mobiltelefon verfügen, die Notrufnummer zu wählen, die Lautschaltung zu aktivieren und sofort mit der vom Leitstellen-disponenten unterstützten/assistierten Wiederbelebung zu beginnen [1]. Die Empfehlung basiert auf einer Beobachtungsstudie mit geringer Evidenz und Expertenkonsens [32]. Die Beobachtungsstudie aus Japan umfasste 5446 Patienten mit OHCA und verglich Wiederbelebung zuerst mit Notruf zuerst. Die Gesamtüberlebensraten waren vergleichbar, aber Subgruppenanalysen zeigten ein verbessertes Überleben mit

besserem neurologischem Ergebnis bei der Strategie Wiederbelebung „zuerst“. Ein verbessertes Ergebnis ergab sich bei nichtkardialen Ursachen (aOR 2,01 [95 %-CI 1,39–2,9]); unter 65 Jahren (aOR 1,38 [95 %-CI 1,09–1,76]), unter 20 Jahren (aOR 3,74 [95 %-CI 1,46–9,61]) und sowohl Alter unter 65 Jahren als auch nichtkardiale Ursachen zusammengefasst (aOR 4,31 [95 %-CI 2,38–8,48]) [32].

Limitiert wird die Aussage der Untersuchung dadurch, dass nur Fälle eingeschlossen wurden, in denen Laien die präklinischen Kreislaufstillstände beob-

achtet hatten und sofort ohne Unterstützung einer Leitstelle Wiederbelebnungsmaßnahmen durchführten. Die Gruppen unterschieden sich in Alter, Geschlecht, initialem Rhythmus, Notfallzeugen Qualifikation sowie Eintreffzeiten des Rettungsdienstes.

Ungeachtet der niedrigen Evidenz hat das ILCOR eine starke Empfehlung für frühzeitigen Beginn der Wiederbelebung durch Notfallzeugen ausgesprochen.

Trotz der weiten Verbreitung von Mobiltelefonen können sich Situationen ergeben, in denen priorisiert werden muss, neben der Betrachtung der konkreten Umstände scheint es vernünftig, zunächst die Alarmierung auszulösen und dann mit der Wiederbelebung zu beginnen.

## Thoraxkompressionen mit hoher Qualität

Die Herzdruckmassage nimmt im Rahmen der Wiederbelebung eine Schlüsselstellung ein. Schließlich geht es darum, im Kreislaufstillstand eine Blutversorgung lebenswichtiger Organe aufrechtzuerhalten. Ihre Qualität hängt von der korrekten Händeposition, der Eindringtiefe, der Frequenz und der Brustkorbentlastung ab.

Jede Unterbrechung bedeutet eine Pause in der Organdurchblutung und damit eine Verstärkung des ischämischen Schadens.

### Handposition

Das ILCOR hat 2020 die Evidenz für die optimale Handposition neu betrachtet [1].

In der Vergangenheit wurden die Empfehlungen zur Handposition bei der Kompression mehrfach geändert, allerdings auf sehr niedrigem Evidenzniveau. Es gab keine Daten, die zeigten, welche spezifische Handposition optimal für das Überleben wäre. Auch fanden sich in einer erneuten Durchsicht keine Daten zu dem neurologischen Ergebnis, Überleben oder Spontanwiederkehr eines Kreislaufs (ROSC).

Drei Studien von schwacher Evidenz untersuchten den Einfluss der Handposition auf physiologische Endpunkte [33–35]. In einer Crossover-Studie an

17 Erwachsenen mit längerer Reanimation nach nichttraumatischem Kreislaufstillstand konnte in der Kompressionsystole ein verbesserter arterieller Spitzendruck und eine bessere endtidale Kohlendioxidelimination ( $etCO_2$ ) gezeigt werden, wenn die Kompression über dem unteren Brustbeindrittel im Vergleich zur Brustkorbmitte erfolgte [34]. Ähnliche Ergebnisse erbrachte eine Crossover-Studie an 10 Kindern, wenn die Kompressionen im unteren Brustbeindrittel verglichen wurden mit denen in der Mitte des Sternums: Der Druckpunkt im unteren Brustbeindrittel erbrachte bessere arterielle Spitzen- und Mitteldrücke [33]. In einer dritten Studie an 30 Erwachsenen im Kreislaufstillstand ergab der Vergleich der Handpositionen keinen Einfluss auf das  $etCO_2$  [35].

Bei der systematischen Sichtung der Literatur hat das ILCOR Arbeiten zur Bildgebung ausgeschlossen, da keine Angaben zum klinischen Ergebnis berichtet wurden. Sie geben aber ergänzende Hintergrundinformationen über die optimale Position bei Kompressionen, welche aufgrund der anatomischen Strukturen bei den empfohlenen und alternativen Handpositionen abgedeckt werden. Jüngere Studien mit bildgebenden Verfahren weisen darauf hin, dass bei den meisten Erwachsenen und Kindern der maximale Ventrikelquerschnitt unter dem unteren Drittel der Sternum/Sternoxivoid-Verbindung liegt. Die aufsteigende Aorta und der ventrikuläre Ausflusstrakt liegen hingegen unter der Mitte der Brust [36–42]. Abhängig von Alter, Body-Mass-Index, angeborenen Herzerkrankungen und einer Schwangerschaft finden sich jedoch wichtige individuelle Unterschiede, sodass eine spezielle Handposition nicht sicherstellt, dass über einen weiten Personenkreis eine optimale Kompression erreicht wird [37, 41, 43].

Diese Ergebnisse führen dazu, dass das ILCOR an den bestehenden Empfehlungen festhält und dazu auffordert, Kompressionen beim Kreislaufstillstand über der unteren Hälfte des Brustbeins durchzuführen (schwache Empfehlung, sehr niedrige Evidenz).

In Übereinstimmung mit den ILCOR-Empfehlungen empfiehlt der ERC, dass gelehrt werden soll, Thoraxkompressionen über der Mitte der Brust durchzuführen und dabei die Handposition über der unteren Hälfte des Brustbeins zu demonstrieren.

### Thoraxkompressionen: Drucktiefe, Frequenz und Brustwandentlastung

Diese Leitlinie basiert auf ILCOR-Empfehlungen [1], gestützt von einer systematischen Übersicht [44] und den vorherigen ERC-BLS-Leitlinien [45]. Die Übersichtsarbeit der ILCOR-Arbeitsgruppe BLS hat sich mit dem Thema Thoraxkompressionen mit Fokus auf Kompressionsfrequenz, Drucktiefe und Brustwandentlastung beschäftigt. Ziel war es, kürzlich publizierte Evidenz zu finden zu den Themen, die einzelne Aspekte oder das Zusammenwirken der einzelnen Komponenten der Herzdruckmassage betreffen.

Zusätzlich zu den 14 in den Leitlinien von 2015 berücksichtigten Studien [45] wurden 8 Studien gefunden, welche seitdem veröffentlicht wurden [46–53]. Es konnten somit 22 Studien zu dem Thema ausgewertet werden. Fünf Beobachtungsstudien betrachteten Kompressionsfrequenz und -tiefe [51, 52, 54, 55]. Eine randomisierte kontrollierte Studie [47], eine Crossover-Studie [56] und 6 Beobachtungsstudien [48, 53, 57–60] untersuchten nur die Kompressionsfrequenz. Eine randomisierte Studie [61] und 6 Beobachtungsstudien untersuchten nur die Drucktiefe [62–67] und 2 Beobachtungsstudien die Entlastung der Brustwand [46, 49]. Zum Thema Abstützen auf dem Brustkorb wurden keine Untersuchungen gefunden.

Indem diese Übersichtsarbeit wesentliche Lücken in der Forschung zu der Interaktion von einzelnen Komponenten der Herzdruckmassage feststellte, fand sich keine hinreichende Evidenz dafür, eine neue systematische Übersicht zu starten oder die derzeitigen Behandlungsempfehlungen zu überdenken.

Daher sind die ILCOR-Empfehlungen zu Thoraxkompressionstiefe, Kompressionsfrequenz und Brustkorbentlastung verglichen mit 2015 unverändert [45].

Das ILCOR empfiehlt Herzdruckmassagen mit einer Frequenz  $100\text{--}120\text{ min}^{-1}$  (starke Empfehlung mit sehr geringer Evidenz), eine Drucktiefe von etwa 5 cm (starke Empfehlung mit sehr geringer Evidenz) unter Vermeidung exzessiver Thoraxkompression von mehr als 6 cm beim durchschnittlichen Erwachsenen.

Wer eine Herzdruckmassage durchführt, soll vermeiden, sich zwischen den Kompressionen auf dem Brustkorb zu lehnen und damit die Entlastung zu behindern (schwache Empfehlung mit sehr geringer Evidenz).

In Übereinklang mit den ILCOR-Empfehlungen empfiehlt der ERC Thoraxkompressionsfrequenzen von 100 bis 120 pro Minute mit einer Drucktiefe von 5 bis 6 cm, wobei ein Anlehnen auf den Brustkorb zwischen den Kompressionen verhindert werden muss. Die Empfehlung zur Drucktiefe von 5 bis 6 cm stellt einen Kompromiss dar hinsichtlich Beobachtungen, dass zu geringe Drucktiefen zu schlechteren Ergebnissen führen und tiefere Kompressionen Schaden anrichten [45].

## Fester Untergrund

Das ILCOR hat den Konsens zu Wissen und Behandlungsempfehlungen zum Thema Herzdruckmassage auf festem Untergrund 2020 aktualisiert [1, 68].

Wenn Thoraxkompressionen auf einer weichen Unterlage (Matratze) durchgeführt werden, werden sowohl Brustkorb als auch Unterlage komprimiert [69]. Dies hat das Potenzial, die Effektivität zu mindern. Dennoch kann eine effektive Drucktiefe auch auf einer weichen Unterlage erreicht werden, wenn derjenige der die Wiederbelebung durchführt genügend Kraft aufbringt, um das Zusammendrücken der Matratze zu kompensieren [70–76].

Die systematische Literatursuche durch das ILCOR fand 12 Studien an Übungsphantomen, welche die Bedeutung eines festen Untergrunds für Wiederbelebung herausstellten [68].

Diese Studien wurden unterteilt in solche, die den Matratzentyp [73, 77–79], den Fußboden im Vergleich mit dem Bett und den Einfluss von Rückenbretern untersuchten [72, 73, 80–84]. Es wurden

keine Studien an Menschen gefunden. In 3 randomisierten Studien, in denen der Einfluss der Matratzen untersucht wurde, fanden sich keine Unterschiede in der Tiefe der Thoraxkompressionen in Abhängigkeit von der Beschaffenheit der Matratzen [73, 77–79].

Vier randomisierte Studien zeigten, dass zwischen Fußboden und Bett kein Unterschied in der Drucktiefe feststellbar ist [78, 79, 85, 86].

Von den 7 randomisierten Studien, die Rückenbreter untersuchten, konnten 6 in eine Metaanalyse eingeschlossen werden, welche zeigte, dass die Drucktiefe im Mittel um 3 mm (95%-CI 1–4) verbessert wurde [72, 73, 80–83]. Die klinische Bedeutung dieses zwar statistisch signifikanten Unterschieds wurde in der Diskussion für gering erachtet.

Diese Befunde führten dazu, dass das ILCOR empfiehlt, Herzdruckmassagen, wann immer es möglich ist, auf einem festen Untergrund durchzuführen (schwache Empfehlung, sehr niedrige Evidenz).

Ferner empfiehlt das ILCOR, dass, falls das Bett einen Wiederbelebungsmodus hat, der die Steifigkeit der Matratze erhöht, dieser aktiviert werden soll (schwache Empfehlung, sehr niedrige Evidenz), und spricht sich dagegen aus, den Patienten aus dem Bett auf den Fußboden zu verlagern, um die Thoraxkompressionen zu verbessern (schwache Empfehlung, sehr niedrige Evidenz).

Die Effekte von Rückenbretern werden vom ILCOR als zu gering eingeschätzt, um eine Empfehlung auszusprechen.

In Übereinstimmung mit der ILCOR-Handlungsempfehlung schlägt der ERC vor, Thoraxkompressionen möglichst auf festem Untergrund durchzuführen.

Im stationären Bereich eines Krankenhauses wird NICHT empfohlen, den Patienten aus dem Bett auf den Fußboden umzulagern. Der ERC empfiehlt nicht, Rückenbreter einzusetzen.

## Atemspende

### Verhältnis Thoraxkompression-Beatmung (CV)

Das ILCOR hatte 2017 den Konsens zu Empfehlungen das Kompressions-Ven-

tilations-Verhältnis (CV) betreffend aktualisiert [87].

In der begleitenden systematischen Literaturdurchsicht fand sich in zwei Kohortenstudien ( $n = 4877$ ) Evidenz dafür, dass bei Erwachsenen ein Kompressions-Ventilations-Verhältnis von 30:2 im Vergleich mit 15:2 ein verbessertes neurologisches Outcome erzielte (Risikounterschied 1,72% [95%-CI 0,5–2,9]) [88]. Die Metaanalyse von 6 Kohortenstudien ( $n = 13.962$ ) zeigte auf, dass bei einem Kompressions-Ventilations-Verhältnis 30:2 mehr Patienten überlebten als bei 15:2 (Risikodifferenz 2,48 [95%-CI 1,57–3,38]).

Ein ähnliches Muster für ein besseres Outcome zeigte eine kleine Kohortenstudie ( $n = 200$ ), wenn bei einem schockbaren Rhythmus ein Verhältnis 50:2 im Vergleich mit 15:2 gewählt wurde (Risikodifferenz 21,5 [95%-CI 6,9–36,06]) [89].

Die ILCOR-Empfehlung, die ein CV von 30:2 bei einem Patienten im Kreislaufstillstand vorschlägt, bleibt gültig und bildet die Basis für die ERC-Leitlinien, abwechselnd 30 Kompressionen und 2 Beatmungen durchzuführen.

### Reanimation ohne Beatmung („compression only CPR“)

Die Rolle der Beatmung und Oxygenierung zu Beginn der Behandlung eines Kreislaufstillstands bleibt in der Diskussion. Das ILCOR hat eine systematische Literaturdurchsicht von Arbeiten durchgeführt, in denen „Compression-only“-Wiederbelebungen mit Standardwiederbelebung sowohl bei Laienhelfern als auch im professionellen Umfeld, inklusive Rettungsdienst, verglichen wurden [88, 90].

Sechs Beobachtungsstudien mit niedriger Gewissheit verglichen in einem Ersthelfer/Notfallzeugen-Szenario alleinige Thoraxkompressionen mit Standardwiederbelebung sowohl mit einem CV 15:2 als auch 30:2 [21, 91–95]. In der Metaanalyse zweier Studien gab es keinen signifikanten Unterschied im neurologischen Outcome, wenn die Patienten mit Compression-only- oder Standardreanimation mit einem CV 15:2 behandelt wurden (RR 1,34 [95%-CI 0,82–2,20]; RD 0,51% [95%-CI 2,16–3,18]) [21,

93]. In einer Metaanalyse dreier Studien wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden, was ein günstiges neurologisches Outcome betraf, wenn Patienten verglichen wurden, die entweder nur Thoraxkompressionen erhielten oder Standardwiederbelebung zu einer Zeit erhielten, als das Kompressions-Ventilations-Verhältnis von 15:2 auf 30:2 umgestellt wurde (RR 1,12 [95%-CI 0,71–1,77]; RD 0,28 % [95%-CI –2,33 bis 2,89]) [92, 94, 95]. In einer Studie hatten Patienten die nur Thoraxkompressionen erhalten hatten, schlechtere Überlebensraten als Patienten, die mit einer Standard-CPR und einem CV 30:2 versorgt wurden (RR 0,75 % [95%-CI 0,73–1, 78]; RD –1,42 % [95%-CI 1,58 bis –1,25]) [91]. Kürzlich hat eine Studie, die den Effekt einer landesweit verbreiteten Empfehlung zur alleinigen Thoraxkompression durch Laien untersuchte, ergeben, dass Patienten, welche isoliert Thoraxkompressionen im Rahmen einer Wiederbelebung erhalten hatten, eine geringere Überlebensrate aufwiesen als solche, die Thoraxkompressionen und Beatmungen im Verhältnis 30:2 bekommen hatten (RR 0,72 [95%-CI 0,69–0,76]; RD –0,74 % [95%-CI –0,85 bis 0,63]) [91]. Daher empfiehlt das ILCOR Notfallzeugen, die darin ausgebildet sind und bereit dazu und willens sind, Thoraxkompressionen und Atemspende bei allen Erwachsenen im Kreislaufstillstand anzuwenden (schwache Empfehlung, sehr niedrige Evidenz).

Eine im Rettungsdienstbereich durchgeführte sehr hochwertige randomisierte Studie schloss 23711 Patienten ein. Diejenigen, welche einer Beutel-Masken-Beatmung mit Thoraxkompressionen zugeordnet waren, hatten keinen nachweisbaren Vorteil hinsichtlich günstigem neurologischem Outcome (RR 0,92 [95%-CI 0,84–1,00]; RD –0,65 % [95%-CI 1,31 bis 0,02]) verglichen mit Patienten, welche eine konventionelle CPR mit CV 30:2 erhalten hatten [96]. Das ILCOR empfiehlt für den Rettungsdienst, eine Reanimation mit CV 30:2 oder kontinuierliche Thoraxkompressionen ohne Pausen mit Beatmungen und mit positivem Druck durchzuführen, bis ein Endotrachealtubus oder ein supraglottischer Atemweg

appliziert ist (starke Empfehlung, hohe Evidenz).

In Übereinstimmung mit den ILCOR-Empfehlungen empfiehlt der ERC sowohl Laien/Notfallzeugen als auch im professionellen Umfeld, während der Wiederbelebung 30 Thoraxkompressionen im Wechsel mit 2 Beatmungen durchzuführen.

## Automatisierte externe Defibrillatoren

Ein AED (automatisierter externer Defibrillator, seltener automatischer externer Defibrillator) ist ein tragbares, batteriebetriebenes Gerät mit Klebeelektroden, die auf der Brust des Patienten angebracht werden, um den Herzrhythmus zu analysieren, wenn ein Kreislaufstillstand vermutet wird. Gelegentlich ist es notwendig, eine sehr behaarte Brust zu rasieren, wenn die Elektroden nicht gut kleben. Wenn Kammerflimmern (oder eine pulslose ventrikuläre Tachykardie) vorliegt, erfolgt ein hörbares oder audiovisuelles Signal, das den Anwender auffordert, einen elektrischen Schock abzugeben. Bei anderen Herzrhythmen (einschließlich Asystolie und normalem Herzrhythmus) wird kein Schock empfohlen. Weitere Anweisungen werden dem Anwender gegeben, um eine Wiederbelebung zu beginnen oder zu beenden. AED sind sehr genau in der Beurteilung des Herzrhythmus und sehr sicher und effektiv in der Anwendung durch Laien.

Die Wahrscheinlichkeit, einen außerklinischen Kreislaufstillstand (OHCA) zu überleben, ist deutlich erhöht, wenn unmittelbar Wiederbelebung durchgeführt wird und ein Defibrillator zum Einsatz kommt. Ein AED ermöglicht es Laien/Notfallzeugen, eine Defibrillation bei einem Kreislaufstillstand durchzuführen, viele Minuten bevor professionelle Hilfe kommt. Jede Minute Verzögerung reduziert die Chance auf erfolgreiche Wiederbelebung um 3–5 % [97].

Der ILCOR-Konsens von 2020 gibt eine starke Empfehlung, Programme einzuführen, mit denen der Einsatz von öffentlich zugänglichen Defibrillatoren beim präklinischen Kreislaufstillstand gefördert wird; allerdings auf der Basis

einer geringen Evidenz [1]. Die wissenschaftliche Stellungnahme des ILCOR zu Defibrillatoren in der Öffentlichkeit betont wesentliche Begleitmaßnahmen für alle solche Programme (Früherkennung, neue Methoden zur Heranführung des Geräts, Verbesserung der Verfügbarkeit, Kennzeichnung, bessere öffentliche Wahrnehmung, AED-Register, mobile Apps zum erleichterten Finden eines Geräts zum Durchführen einer Defibrillation im öffentlichen Raum).

## Thoraxkompressionen vor der Defibrillation

Das ILCOR hat den Konsens zu Empfehlungen betreffend die Durchführung von Thoraxkompressionen vor einer Defibrillation 2020 aktualisiert [1]. Fünf randomisierte Studien wurden ausfindig gemacht, in denen kürzere mit längeren Intervallen an Thoraxkompressionen vor einer Defibrillation untersucht wurden [98–102].

Die Endpunkte variierten von Einjahresüberleben mit gutem neurologischem Ergebnis bis zur Rückkehr eines Spontankreislaufs (ROSC). Eine Metaanalyse zeigte keine klaren Vorteile einer Wiederbelebung vor der Defibrillation für kritische oder bedeutsame Endpunkte. In der Metaanalyse von 4 Studien fand sich kein signifikanter Unterschied im günstigen neurologischen Ergebnis zwischen den Patienten, die eine kürzere oder längere Wiederbelebung vor der Defibrillation erhalten hatten (RR 1,02 [95%-CI –0,01–0,01]); 1 weiterer Patient/1000 (–29 bis 98) [98, 99, 101, 102]. In einer Metaanalyse von 5 Studien fand sich kein signifikanter Unterschied im Überleben nach kürzerer oder längerer Wiederbelebung vor der Defibrillation (RR 1,01 [95%-CI 0,90–1,15]); 1 weiterer Patient/1000 (–8 bis 13) [98–102].

Das ILCOR empfiehlt beim unbeobachteten Kreislaufstillstand eine kürzere Phase der Wiederbelebung, bis ein AED vor Ort verfügbar und einsatzbereit ist.

Übereinstimmend damit empfiehlt der ERC Wiederbelebung durchzuführen, bis ein AED verfügbar, eingeschaltet und mit dem Patienten verbunden ist, dann soll aber die Defibrillation nicht mehr verzögert werden.

**Elektrodenplatzierung.** Das ILCOR hat 2020 eine Literaturübersicht zur Frage, ob es eine Evidenz für die optimale AED-Elektrodenbeschaffenheit und -platzierung gibt, vorgenommen [1]. Da keine neue Evidenz gefunden wurde, beruht die Aussage der ILCOR-BLS-Arbeitsgruppe lediglich auf einem Expertenkonsens nach Diskussionen.

Bei diesen Diskussionen wurden Studien herausgehoben, die gezeigt hatten, dass eine anterior-posteriore Elektrodenplatzierung effektiver ist als die traditionelle anterolaterale oder anteroapikale bei der elektiven Defibrillation des Kammerflimmerns, während die meisten Studien keinen klaren Vorteil einer speziellen Elektrodenposition zeigen konnten.

Der transmyokardiale Stromfluss während der Defibrillation ist voraussichtlich dann maximal, wenn die Elektroden so platziert werden, dass der Bereich des Herzens, in dem die Störung stattfindet, direkt zwischen diesen liegt (d. h. Ventrikel in VF/pulslose VT, Vorhöfe in AF). Daher ist die optimale Elektrodenposition für ventrikuläre und atriale Arrhythmien möglicherweise nicht dieselbe. Das ILCOR schlägt weiterhin vor, die Elektroden in anterolateraler Position auf der freiliegenden Brust zu platzieren. Eine akzeptable alternative Position ist anteroposterior. Bei großbrüstigen Personen ist es sinnvoll, die linke Defibrillationselektrode seitlich oder unterhalb der linken Brust zu platzieren, um Brustgewebe zu umgehen. Es soll erwogen werden, überschüssiges Brusthaar schnell vor dem Aufbringen der Elektroden zu entfernen. Der Schwerpunkt muss jedoch auf der Minimierung von Verzögerungen bei der Schockabgabe liegen. Es gibt keine ausreichende Evidenz, um eine bestimmte Elektrodengröße für eine optimale externe Defibrillation bei Erwachsenen zu empfehlen. Es ist jedoch sinnvoll, eine Padgröße von mehr als 8 cm zu verwenden [103, 104]. In Übereinstimmung mit den ILCOR-Behandlungsempfehlungen und um Verwirrung für die Person zu vermeiden, die den AED verwendet, empfiehlt die ERC-BLS-Autorengruppe, die Elektrodenpads immer in anterolateraler Position auf der nackten Brust

des Betroffenen, wie auf dem AED dargestellt, anzubringen.

### CPR-Feedback-Geräte

Um die Qualität der Wiederbelebung zu verbessern, müssen wichtige CPR-Messwerte erfasst werden. CPR-Qualitätsdaten können dem Helfer in Echtzeit präsentiert und/oder in einem zusammenfassenden Bericht am Ende einer Wiederbelebung bereitgestellt werden. Die Messung der CPR-Leistung zur Verbesserung von Reanimationssystemen wird im Kapitel „Systeme, die Leben retten“ behandelt [105]. In diesem Abschnitt werden Echtzeit-Feedback-Geräte für Ersthelfer erläutert.

Das ILCOR hat den Konsens über die Empfehlung zu Wissenschaft und Behandlung für Rückmeldungen zur CPR-Qualität im Jahr 2020 aktualisiert [1]. Es wurden drei Arten von Feedbacksystemen identifiziert: 1) digitales audiovisuelles Feedback, einschließlich Korrektur durch Tonansagen; 2) analoges Audio- und taktiles Klickerfeedback für die Tiefe und Entlastung der Thoraxkompression und 3) Metronombegleitung für die Frequenz der Thoraxkompressionen. In allen Studien besteht eine erhebliche klinische Heterogenität in Bezug auf die Art der verwendeten Geräte, den Mechanismus der CPR-Qualitätsmessung, die Art der Rückmeldung, die Patiententypen, die Standorte (z. B. im Krankenhaus und außerhalb des Krankenhauses) und den Ausgangswert (Kontrollgruppe) der CPR-Qualität.

### Digitales audiovisuelles Feedback einschließlich korrigierender Sprachanweisung

Eine Cluster-RCT [106] sowie vier Beobachtungsstudien [50, 107–109] untersuchten die Auswirkungen dieser Geräte auf günstige neurologische Ergebnisse. Die Cluster-RCT mit niedriger Sicherheit fand keinen Unterschied im Hinblick auf ein gutes neurologisches Ergebnis (relatives Risiko 1,02; 95 %-CI 0,76–1,36;  $p=0,9$ ) [106]. Während eine der Beobachtungsstudien einen Zusammenhang mit einem verbesserten günstigen neurologischen Ergebnis herausfand (angepasstes Chancenverhältnis 2,69; 95 %-CI

1,04–6,94) [109], taten es die anderen drei nicht [50, 107, 108].

Eine Cluster-RCT [106] und sechs Beobachtungsstudien [51, 55, 107, 109, 110] bewerteten die Einflüsse dieser Geräte auf das Überleben bis zur Entlassung aus dem Krankenhaus sowie auf das Überleben 30 Tage nach dem Ereignis. Weder die Cluster-RCT mit niedriger Sicherheit (relatives Risiko 0,91; 95 %-CI 0,69–1,19;  $p=0,5$ ) [106] noch die Beobachtungsstudien ergaben einen mit diesen Geräten verbundenen Nutzen [51, 55, 107, 109–111].

Der potenzielle Nutzen von audiovisuellem Echtzeitfeedback besteht in seiner Fähigkeit, die Qualität der Wiederbelebung zu verbessern. Während die randomisierte, kontrollierte Studie mit niedriger Sicherheit eine verbesserte Rate bei den Thoraxkompressionen (Differenz von 4,7 pro Minute; 95 %-CI –6,4–3,0), der Kompressionstiefe (Differenz von 1,6 mm; 95 %-CI 0,5–2,7 mm) und beim Thoraxkompressionsanteil zeigte (Differenz von 2 %; 66 % vs. 64 %,  $p=0,016$ ), ist die klinische Bedeutung dieser relativ kleinen Unterschiede der CPR Kennzahlen fraglich [106].

Fünf Beobachtungsstudien mit geringerer Zuverlässigkeit verglichen verschiedene CPR-Kennzahlen [50, 55, 107, 109, 110]. Eine Beobachtungsstudie zeigte keinen Unterschied in den Thoraxkompressionsraten mit und ohne den Einsatz eines Feedbacksystems [110]. Die anderen vier Beobachtungsstudien [50, 55, 107, 109] zeigten niedrigere Kompressionsraten in der Gruppe mit CPR-Feedback mit Unterschieden zwischen –23 und –11 Kompressionen pro Minute. Eine Beobachtungsstudie zeigte keinen Unterschied in der Thoraxkompressionstiefe – mit und ohne Feedbacksystem [110]. Drei Beobachtungsstudien zeigten signifikant tiefere Thoraxkompression im Bereich von 0,4 bis 1,06 cm (0,2 bis 0,42 Zoll) [50, 55, 109]. Zwei Studien berichteten über statistisch signifikante Erhöhungen des Anteils der Herzdruckmassage im Zusammenhang mit der Nutzung von Feedbacksystemen [107, 110], und drei Studien beobachteten keine statistisch oder klinisch relevanten wichtigen Unterschiede [50, 55, 109]. Die Couper-Studie zeigte einen Anstieg

des Kompressionsanteils von 78 % (8 %) auf 82 % (7 %),  $p = 0,003$  [107]. Dieser Anstieg ist von fragwürdiger klinischer Bedeutung. Die Bobrow-Studie zeigte einen Anstieg des Thoraxkompressionsanteils von 66 % (95 %-CI 64 auf 68) auf 84 % (95 %-CI 82 auf 85) [109]. Zwei wichtige Vorbehalte gegenüber dieser Studie entstehen aus der Sorge, dass der beobachtete Unterschied möglicherweise nicht mit dem Feedbackgerät zusammenhängt, da es noch andere Trainingsinterventionen gab und ein imputierter Datensatz verwendet wurde. Keine der Studien zeigte eine Verbesserung der Beatmungsfrequenz [50, 55, 106, 107, 109, 110].

### **Analoges Audio- und taktiles Klickerfeedback**

Analoge Klickergeräte, die von einem Ersthelfer auf der Brust des Patienten platziert werden können, verfügen über einen Mechanismus, der bei ausreichendem Druck ein Klickgeräusch und ein Klickgefühl erzeugt. Diese bieten fühlbares Feedback zur korrekten Kompressionstiefe und zur vollständigen Entlastung zwischen den einzelnen Thoraxkompressionen.

Eine randomisierte, kontrollierte Studie mit geringer Zuverlässigkeit bewertete die Wirkung eines Klickergeräts auf das Überleben bis zur Entlassung aus dem Krankenhaus und fand in der mit dem Klickergerät behandelten Gruppe ein signifikant verbessertes Ergebnis (relatives Risiko 1,90; 95 %-CI 1,60–2,25;  $p < 0,001$ ) [112]. Zwei randomisierte, kontrollierte Studien mit geringer Zuverlässigkeit bewerteten die Auswirkung eines Klickergeräts auf ROSC und fanden in der mit dem Klickergerät behandelten Gruppe ein signifikant verbessertes Ergebnis (relatives Risiko 1,59; 95 %-CI 1,38–1,78;  $p < 0,001$  und relatives Risiko 2,07; 95 %-CI 1,20–3,29,  $p < 0,001$ ) [112, 113].

### **Metronom – begleitete Herzdruckmassage**

In einer Beobachtungsstudie mit geringer Zuverlässigkeit wurde die Wirkung eines Metronoms zur Steuerung der Thoraxkompressionsrate während der CPR vor Ankunft des Rettungswagens untersucht. Es wurde kein Nutzen für das „30-Tage-

Überleben“ festgestellt (relatives Risiko 1,66; 95 %-CI –17,7–14,9,  $p = 0,8$ ) – eine weitere Beobachtungsstudie mit geringer Zuverlässigkeit bewertete die Wirkung eines Metronoms auf das 7-Tage-Überleben und fand ebenfalls keinen Unterschied (3/17 vs. 2/13;  $p = 0,9$ ) [114]. Zwei Beobachtungsstudien bewerteten die Wirkung eines Metronoms auf einen ROSC und fanden keinen Unterschied im Ergebnis (angepasstes relatives Risiko 4,97; 95 %-CI –21,11–11,76,  $p = 0,6$  und 7/13 vs. 8/17,  $P = 0,7$ ) [111, 114].

Unter Berücksichtigung dieser Daten empfahl das ILCOR die Verwendung von audiovisuellem Echtzeitfeedback und Sprachanweisungsgeräten während der Wiederbelebung in der klinischen Praxis als Teil eines umfassenden Qualitätsverbesserungsprogramms, das darauf abzielt eine qualitativ hochwertige CPR-Durchführung und Reanimationsversorgung in allen Reanimationssystemen zu gewährleisten. Es sprach sich jedoch gegen die Verwendung von audiovisuellem Echtzeitfeedback und Sprachanweisungsgeräten in isolierter Form aus (d. h. nicht als Teil eines umfassenden Qualitätsverbesserungsprogramms) [115].

## **Sicherheit**

### **Gefahren für Ersthelfer**

Diese Leitlinie basiert auf einem ILCOR-Scoping-Review [115], den ERC-BLS-Leitlinien von 2015 [45] sowie dem kürzlich veröffentlichten ILCOR consensus on science, treatment recommendations and task force insights [4], einer systematischen ILCOR-Überprüfung [5] und den ERC-COVID-19-Leitlinien [6].

Die ILCOR BLS Task Force untersuchte die Gefährdung von Personen, die eine CPR durchführen, um neuere Erkenntnisse über das Risiko für Ersthelfer zu veröffentlichen. Diese Überprüfung wurde vor der COVID-19-Pandemie abgeschlossen. In dieser Erhebung wurden nur sehr wenige Berichte über Schäden durch CPR und Defibrillation identifiziert. Fünf experimentelle Studien und ein seit 2008 veröffentlichter Fallbericht wurden zu diesem Zweck überprüft. Die fünf experimentellen Studien berichteten über Beobachtungen in experimentellen Umgebungen während der Schock-

abgabe für die elektive Kardioversion. In diesen Studien haben die Autoren in verschiedenen Experimenten den Stromfluss sowie die durchschnittliche Leckage gemessen, um die Sicherheit der Retter bewerten zu können. Trotz begrenzter Datenlage zur Bewertung der Sicherheit bestand innerhalb der ILCOR BLS Task Force und der ERC-BLS-Autorengruppe breite Übereinstimmung darüber, dass die Verwendung eines AED im Allgemeinen sicher ist. In Übereinstimmung mit den ILCOR-Behandlungsempfehlungen empfiehlt der ERC, dass Laienretter Thoraxkompressionen durchführen und einen AED verwenden sollen, da das Risiko einer Verletzung der Helfer durch eine versehentliche Schockabgabe während der Verwendung eines AED gering ist [1, 45, 115].

Da die SARS-CoV-2-Infektionsraten weltweit stark gestiegen sind, hat sich unser Bewusstsein für die Sicherheit während einer Wiederbelebung grundlegend geändert. Eine kürzlich durch das ILCOR durchgeführte systematische Untersuchung der Studienlage zu einer Übertragung von SARS-CoV-2 während der Wiederbelebung ergab elf Studien: zwei Kohortenstudien, eine Fall-Kontroll-Studie, fünf Fallberichte und drei Puppen-RCT. Die Untersuchung des ILCOR zeigte keine Hinweise, dass bei der CPR oder einer Defibrillation ausreichend Aerosole erzeugt wurden, um sich mit SARS-CoV-2 zu infizieren. Die Evidenz war jedoch bei allen Studien als gering zu bewerten [5]. Basierend auf den Ergebnissen dieser systematischen Übersichtsarbeit, aber immer noch vorsichtig veröffentlichte das ILCOR Consensus-on-Science-and-Treatment-Empfehlungen, die darauf abzielen, die Vorteile einer frühzeitigen Reanimation mit dem potenziellen Schaden für Pflegepersonal während der COVID-19-Pandemie abzuwägen. Die daraus resultierenden Empfehlungen richten sich an Laien. So sollen Thoraxkompressionen und öffentlich zugängliche Defibrillation während der COVID-19-Pandemie dennoch durchgeführt bzw. verwendet werden. Das ILCOR empfiehlt jedoch ausdrücklich, dass Angehörige der Gesundheitsberufe eine umfangreiche persönliche Schutzausrüstung bei

allen aerosolbildenden Eingriffen verwenden sollen. In den folgenden ERC-Leitlinien wurde die Notwendigkeit hervorgehoben, die aktuellen Empfehlungen der lokalen Behörden zu befolgen, da die Infektionsraten zwischen den Regionen teils stark variieren. Für den Notfallzeugen ist es wichtig, die Anweisungen der Leitstellendisponenten zu befolgen. Der ERC hat Leitlinien für modifizierte BLS-Maßnahmen bei Verdacht auf eine COVID-19-Erkrankung veröffentlicht [6]. Die wichtigsten Änderungen beziehen sich auf die Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung, die Beurteilung der Atmung, ohne sich der Nase oder dem Mund des Patienten zu nähern, sowie die Feststellung, dass Beatmungen ein potenziell aerosolerzeugendes Verfahren sind, das mit einem Risiko der Krankheitsübertragung einhergeht. Details finden Sie in den ERC-COVID-19-Leitlinien ([https://www.grc.org.de/files/ArticleFiles/document/ERC%20Leitlinien\\_COVID-19\\_final.pdf](https://www.grc.org.de/files/ArticleFiles/document/ERC%20Leitlinien_COVID-19_final.pdf)).

### Schäden durch Wiederbelebungsmassnahmen bei Betroffenen ohne Kreislaufstillstand

Laien/Notfallzeugen könnten zögern, eine Herzdruckmassage bei einer Person durchzuführen, die nicht auf Ansprache reagiert und keine oder keine normale Atmung hat, da sie befürchten, die Herzdruckmassage könne ernsthafte Schäden verursachen. Die Hinweise auf Schäden durch CPR bei Patienten ohne Kreislaufstillstand wurden durch das ILCOR im Jahr 2020 erneut überprüft [1]. Bei dieser systematischen Überprüfung wurden vier Beobachtungsstudien mit geringer Zuverlässigkeit identifiziert, die 762 Patienten umfassten. Diese Patienten hatten keinen Kreislaufstillstand, erhielten jedoch eine Herzdruckmassage von Notfallzeugen außerhalb des Krankenhauses. Bei drei der Studien wurden die medizinischen Unterlagen überprüft, um Schäden festzustellen, [116–118]. Eine Studie führte telefonische Interviews in der Folge durch [116]. Zusammengefasste Daten aus den ersten drei Studien, darunter 345 Patienten, ergaben eine Rhabdomyolyseinzidenz von 0,3% (ein Fall), einen Knochenbruch (Rippen und Schlüsselbein) von

1,7% (95%-CI 0,4–3,1%), Schmerzen im Bereich der Thoraxkompression von 8,7% (95 %-CI 5,7–11,7%) und keine klinisch relevante viszerale Verletzung. Die vierte Studie stützte sich auf Beobachtungen der Feuerwehr vor Ort. Bei 417 Patienten wurden keinerlei Verletzungen gemeldet [119]. Fallberichte und Fallserien mit schwerwiegenden Schäden für Personen, an denen Wiederbelebungsmassnahmen durchgeführt wurden, obwohl kein Kreislaufstillstand vorlag, werden wahrscheinlich veröffentlicht, da sie für eine breite Interessentengruppe im Gesundheitswesen von hohem Interesse sind. Die wenigen Berichte über Schäden, die veröffentlicht wurden, bestärken die Argumente, dass Schäden wahrscheinlich sehr selten sind und die erwünschten Auswirkungen bei Weitem die unerwünschten Auswirkungen übersteigen.

Trotz geringer Evidenz empfiehlt das ILCOR, dass Notfallzeugen eine Herzdruckmassage im Falle eines vermuteten Kreislaufstillstands unmittelbar einleiten, ohne Bedenken hinsichtlich einer eventuellen Schädigung des Patienten. Die ERC-Richtlinien stimmen mit den ILCOR-Behandlungsempfehlungen dahingehend vollständig überein.

### Wie Technologie helfen kann

Technologie wird für viele Annehmlichkeiten des Lebensstils eingesetzt, von unseren Smartphones bis hin zu innovativen Anwendungen in der Medizin. Eine Vielzahl von Forschern arbeitet an unterschiedlichsten Umsetzungsbereichen. Für BLS sind die interessantesten Anwendungsbereiche bspw. das Auffinden von AED, Smartphones und Smartwatches als Hilfe für Ersthelfer zu einem Patienten navigiert zu werden, Feedback zur Qualität der Maßnahmen in Echtzeit zu erhalten sowie Videokommunikation mit einem Mitarbeiter der Leitstellen zu ermöglichen. Die neue „Science-Fiction“-Technologie beschreibt den möglichen Einsatz von Drohnen und den Einfluss von künstlicher Intelligenz auf die Überlebenskette.

### AED-Locator-Apps

Im Fall eines Kreislaufstillstands außerhalb des Krankenhauses erhöht eine frühe Defibrillation die Überlebenschancen. Das Auffinden eines AED während der Notfallsituation kann jedoch eine echte Herausforderung sein, da der Retter/Notfallzeuge selten weiß, wo sich der nächste AED befindet. Dank integrierter globaler Positionierungssysteme (GPS) in Smartphones wurden bereits zahlreiche Apps veröffentlicht, die dem Benutzer anhand seiner Position den nächstgelegenen AED anzeigen können. Darüber hinaus können Benutzer solcher Apps neue AED hinzufügen, sobald sie verfügbar sind, oder Hinweise zu bestehenden AED in allen Städten und Gemeinden aktualisieren. Infolgedessen können Apps zum Auffinden von AED beim Aufbau und der Pflege eines aktualisierten Registers von AED in der Gemeinde helfen, das von Notrufzentralen genutzt und integriert werden könnte. Üblicherweise zeigen derartige Apps eine Liste von AED in der Nähe an und ermöglichen über eine Routennavigation zum nächstgelegenen AED geführt zu werden. Daten zu Standort, Zugang, Verfügbarkeitszeit, Foto der Installation und Kontakte des Eigentümers oder der für den AED verantwortlichen Person werden in der Regel bereitgestellt. Benutzer haben auch die Möglichkeit, fehlerhafte oder fehlende AED zu melden. Der Stellenwert der Mobiltelefone als Hilfsmittel zum Auffinden von AED wird im Kapitel „Systeme, die Leben retten“ ausführlich beschrieben [105].

### Smartphones und Smartwatches

Unter den Forschern besteht ein wachsendes Interesse an der Integration von Smartphones und Smartwatches in die Ausbildung und das Training in der kardiopulmonalen Reanimation/Wiederbelebung und Defibrillation sowie an der Verbesserung der Reaktion auf OHCA mit speziellen Apps. Ursprünglich wurden diese Apps entwickelt, um Ausbildungsinhalte zur Wiederbelebung für den Bildungsbereich bereitzustellen. Der technologischen Entwicklung der letzten Jahre folgend, wurden Smartphone-Apps verwendet, um durch Ausnutzung des eingebauten Beschleunigungs-

gungsmessers ein Feedback zur CPR-Qualität zu geben. Solche Systeme können dem Retter über die Lautsprecher und den Bildschirm audiovisuelles Feedback in Echtzeit geben. Obwohl aktuelle Echtzeit-Feedback-Geräte, die in professionellen Umgebungen getestet wurden, nur begrenzte Auswirkungen auf den Reanimationserfolg hatten, könnten neue Technologien die Qualität der Wiederbelebungsmaßnahmen verbessern. Im Zuge der technologischen Entwicklung wurde das gleiche Konzept auch auf Smartwatches angewendet. Diese Geräte sind aufgrund ihrer geringen Größe und Tragbarkeit besonders als Feedbacksysteme geeignet. Eine systematische Literaturdurchsicht ergab widersprüchliche Ergebnisse zur Rolle intelligenter Geräte. In einer randomisierten Simulationsstudie, in der die Wirksamkeit einer dieser Apps bewertet wurde, konnte die Qualität der CPR durch die Verwendung einer Smartwatch-basierten App mit audiovisuellem Echtzeitfeedback in simuliertem OHCA erheblich verbessert werden [120]. In ähnlicher Weise wurde bei Verwendung eines Smartphones ein höherer Anteil an Thoraxkompressionen mit ausreichender Tiefe beobachtet [121]. Die aktuelle Datenlage ist derzeit noch begrenzt, dennoch könnte die Verwendung Smartwatch-basierter Systeme eine wichtige Strategie sein, um Feedback zur Herzdruckmassage mit intelligenten Geräten bereitzustellen.

Während der telefonischen CPR können Disponenten Bürger, die sich in unmittelbarer Nähe eines OHCA befinden, über ein Textnachrichtensystem oder eine Smartphone-App lokalisieren und alarmieren und sie zum nächstgelegenen AED führen. Untersuchungen haben gezeigt, dass diese Strategie den Anteil der Patienten erhöht, die vor der Ankunft des Rettungswagens eine CPR erhalten, und Überlebenschancen verbessert [122–125]. Die Rolle der Mobiltelefontechnologie als Strategie zur Alarmierung von Ersthelfern wird im Kapitel „Systeme, die Leben retten“ beschrieben [105].

### Videokommunikation

Smartphone- und Videokommunikation spielen in der modernen Gesell-

schaft eine zunehmend wichtige Rolle. Traditionell geben Disponenten einer Rettungsleitstelle Anweisungen während einer Telefonreanimation bisher nur in Form einer Tonansage. Dank der neu entwickelten Technologie können Disponenten zukünftig auch per Videotelefonie Anweisungen geben und so bei der Reanimation unterstützen. Eine kürzlich durchgeführte systematische Überprüfung und Metaanalyse identifizierte neun Arbeiten, die Videoanweisungen für simulierte OHCA evaluierten. Die Geschwindigkeit der Thoraxkompressionen war bei Videoanweisungen besser. Weiterhin gab es einen Trend zu einer besseren Positionierung der Hände auf dem Brustkorb. Es konnte kein Unterschied in der Kompressionstiefe oder der Zeit bis zur ersten Beatmung beobachtet werden. Die Zeit bis zum Beginn der Thoraxkompressionen mit Videoanweisungen nahm im Vergleich ohne Anweisung mit Videosignal geringfügig zu [126]. In einer aktuelleren retrospektiven Studie bei erwachsenen Patienten mit prähospitalen Kreislaufstillstand wurden insgesamt 1720 infrage kommende Patienten (1489 bzw. 231 in der Audio- und Videogruppe) bewertet. Das mittlere Zeitintervall der Anleitung (ITI) betrug 136 s in der Audiogruppe und 122 s in der Videogruppe ( $p=0,12$ ). Die Überlebenschance bis zur Krankenhausentlassung betrug 8,9 % in der Audiogruppe und 14,3 % in den Videogruppen ( $p<0,01$ ). Ein gutes neurologisches Ergebnis trat bei 5,8 % und 10,4 % in der Audio- bzw. Videogruppe auf ( $p<0,01$ ) [127]. In einer prospektiven klinischen Studie zu OHCA in Pflegeheimen wurde die Anwendung der Videokommunikation zur Anleitung der erweiterten Herz-Lungen-Wiederbelebung durch Sanitäter in 616 konsekutiven Fällen bewertet. Bei etwa einem Drittel, das per Video instruierten ALS erhielten, betrug die Überlebenschance 4,0 % im Vergleich zu 1,9 % ohne Videoanweisungen ( $p=0,078$ ). Das Überleben mit gutem neurologischem Ergebnis betrug 0,5 % im Vergleich zu 1,0 % [128].

### Künstliche Intelligenz

Künstliche Intelligenz (KI) ist Intelligenz, die von Maschinen demonstriert wird. Im Gegensatz dazu steht die natürliche Intelligenz, die der Mensch zeigt. Der Begriff künstliche Intelligenz wird häufig verwendet, um Maschinen (bspw. Computer) zu beschreiben, die kognitive Funktionen imitieren, die üblicherweise mit dem menschlichen Geist verbunden sind (z. B. Lernen und das Lösen von Problemen).

Künstliche Intelligenz (KI) wurde auf Gesundheitszustände angewendet, um darzustellen, dass ein Computer bei der klinischen Entscheidungsfindung helfen kann [129, 130]. Die Verwendung von KI als Instrument zur Verbesserung der Schlüsselkomponenten der Überlebenskette wird derzeit evaluiert. Kürzlich wurde ein „Machine-Learning-Ansatz“ verwendet, um OHCA aus unbearbeiteten Aufzeichnungen von Notrufen an eine medizinische Notrufzentrale zu erkennen und die Leistung des „Machine-Learning-Frameworks“ wurde anschließend bewertet [131]. Die Studie umfasste 108.607 Notrufe, bei denen 918 (0,8 %) Anrufe mit Bezug zu einem Kreislaufstillstand außerhalb des Krankenhauses waren und somit für eine detailliertere Analyse infrage kamen. Im Vergleich zu regulären Mitarbeitern in Rettungsleitstellen hatte die grundlegende Struktur des maschinellen Lernens eine signifikant höhere Sensitivität (72,5 % vs. 84,1 %,  $p<0,001$ ) mit einer etwas geringeren Spezifität (98,8 % vs. 97,3 %,  $p<0,001$ ). Das „Machine-Learning-Framework“ hatte einen geringeren positiven Vorhersagewert im Vergleich zu den Disponenten in der Rettungsleitstelle (20,9 % vs. 33,0 %,  $p<0,001$ ). Die Zeit bis zur Erkennung war für das System im Vergleich zu den Disponenten signifikant kürzer (Median 44 s vs. 54 s,  $p<0,001$ ). Eine weitere Anwendungsmöglichkeit von künstlicher Intelligenz in Bezug auf die Erkennung von Kreislaufstillständen außerhalb des Krankenhauses sind integrierte Software-Heimassistenten. Die weite Verbreitung von Smartphones und intelligenten Lautsprechern bietet eine einzigartige Gelegenheit, hörbare Biomarker (agonale Atmung) zu identifizieren. Resultierend

daraus können Ersthelfer bzw. professionelle Rettungskräfte zum Betroffenen alarmiert werden. Eine kürzlich durchgeführte Studie stellte die Hypothese auf, dass bereits vorhandene Gebrauchsgegenstände (z. B. Smartphones und intelligente Lautsprecher) verwendet werden könnten, um die mit einem Kreislaufstillstand assoziierte agonale Atmung in der häuslichen Umgebung zu identifizieren. Die Forscher entwickelten einen spezifischen Algorithmus, der die agonale Atmung anhand eines Datensatzes der Rettungsleitstelle erkennt. Anhand von verifizierten Audioaufzeichnungen von Kreislaufstillständen aus der realen Welt trainierte das Forschungsteam eine KI-Software, um agonale Atmung zu klassifizieren. Die Ergebnisse zeigten eine Gesamtsensitivität und -spezifität von 97,24 % (95 %-CI 96,86–97,61 %) und 99,51 % (95 %-CI 99,35–99,67 %). Die falsch-positiven Ergebnisse lagen zwischen 0 und 0,14 % über 82 h (117.985 Audiosegmente) polysomnographischer Schlafabordaten, einschließlich Schnarchen, Hypopnoe sowie zentraler und obstruktiver Schlafapnoe [132].

Das letzte Beispiel für den möglichen Einsatz von künstlicher Intelligenz dient der Vorhersage der Überlebenschance. Zwei Studien berichteten über die Verwendung von KI als ein Prognose-System sowie einen Algorithmus, um Faktoren zu beschreiben, die Einfluss auf das neurologische Ergebnis und die Wahrscheinlichkeit einer Krankenhausentlassung haben [133, 134]. Weitere Forschung ist erforderlich, um das Potenzial der KI-Technologie zur Unterstützung klinischer Entscheidungen beim Menschen einschätzen zu können.

### Drohnen

Trotz der steigenden Anzahl von AED in Gemeinden sind die Geräte bei Kreislaufstillständen außerhalb der Krankenhäuser immer noch selten vor Ort verfügbar. Ein besserer Zugang zu AED sowie die Verkürzung der Zeit bis zur ersten Defibrillation sind entscheidend für die Wahrscheinlichkeit, einen Kreislaufstillstand zu überleben. Drohnen oder andere unbemannte Luftfahrzeuge könnten AED an den Ort des Geschehen liefern.

Mithilfe mathematischer Modelle kann die optimale Position von Drohnen bestimmt werden, um die Reaktionszeit von Ersthelfern bei Kreislaufstillständen zu verbessern.

In den letzten Jahren haben mehrere Studien sowohl die Wirksamkeit als auch die Durchführbarkeit des Zubringens von AED mit Drohnen untersucht. Studien haben gezeigt, wie die Lieferung von AED durch eine Drohne problemlos möglich ist. Dies sogar ohne Probleme bei der Aktivierung, dem Start, der Landung oder wenn der Ersthelfer den AED aus der Drohne entnimmt. Es kann davon ausgegangen werden, dass der AED häufig früher mit der Drohne als mit dem Rettungswagen beim Patienten eintrifft [135, 136]. Eine in Toronto (Kanada) durchgeführte Studie schätzte, dass die AED-Ankunftszeit in einer städtischen Region um fast 7 min und in einem ländlichen Gebiet um mehr als 10 min reduziert werden könnte [136]. Eine solche Verkürzung der Ankunftszeit eines AED könnte zu einer kürzeren Zeit bis zur ersten Defibrillation führen, was letztendlich das Überleben verbessern kann. Drohnen für das Zubringen von AED könnten auch in Gebieten mit geringer Bevölkerungs- und AED-Dichte sowie in Berg- und ländlichen Gebieten eine wichtigere Rolle spielen [137]. Eine Studie, welche die Erfahrung von Umstehenden bei der Bergung eines AED aus einer Drohne untersuchte, ergab, dass die Interaktion mit einer Drohne bei einem simulierten OHCA von Laien als sicher und praktikabel wahrgenommen wurde [138].

Die Auswirkung des Einflusses von Technologien auf die Erkennung und Leistung bei Kreislaufstillständen oder auf die Patientenergebnisse ist unbekannt. Weitere Forschung ist erforderlich, um zu verstehen, wie verschiedene Technologien die Erkennung von Kreislaufstillständen (z. B. künstliche Intelligenz und Videokommunikation), die Geschwindigkeit der Herzdruckmassage durch Ersthelfer (z. B. AED-Ortungs-Apps, Smartphones und Smartwatches) und das Überleben (z. B. Drohnen) beeinflussen können. Die Überprüfung der Einführung und der Konsequenzen dieser Technologien in Wiederbelebung-

programme wäre nützlich, um zukünftige Praktiken weiterzuentwickeln.

### Verlegung der Atemwege durch Fremdkörper

Die Blockade der Atemwege durch Fremdkörper (FBAO) ist ein häufiges Problem. Viele Fälle lassen sich leicht beheben, ohne dass Mitarbeiter des Gesundheitswesens hinzugezogen werden müssen. Die Blockade der Atemwege durch Fremdkörper gehört in jedem Fall zu den relevanten Todesursachen [139, 140, 140]. Sie tritt in allen Altersgruppen auf – am häufigsten sind jedoch Kinder oder ältere Menschen betroffen [141, 141–143].

Da die meisten Erststichungsereignisse direkt mit der Nahrungsaufnahme verbunden sind, werden sie häufig beobachtet und sind potenziell behandelbar. Die Betroffenen sind anfangs bei Bewusstsein und reagieren auf die Helfer. Daher besteht häufig die Möglichkeit für ein frühzeitiges Eingreifen, was lebensrettend sein kann. Für jeden Fall, der einen Krankenhausaufenthalt notwendig macht oder gar zum Tod führt, gibt es eine Vielzahl an Fällen, die durch Maßnahmen der Ersten Hilfe effektiv behandelt werden konnten.

### Erkennung

Das frühe Erkennen einer Atemwegsverlegung ist der Schlüssel zu einer erfolgreichen Behandlung. Es ist wichtig, diesen Notfall nicht mit einer einfachen Ohnmacht, einem Herzinfarkt, Krampfanfall oder anderen Zuständen zu verwechseln. Auch diese Zustände können plötzliche Atemnot, Zyanose oder Bewusstlosigkeit verursachen. Zu den Faktoren, die das Risiko für eine Atemwegsverlegung erhöhen, gehören neben Psychopharmaka auch Alkoholvergiftungen sowie neurologische Erkrankungen mit verminderten Schluck- und Hustenreflexen, geistige Behinderungen, Entwicklungsstörung, Demenz, schlechtes Gebiss und hohes Lebensalter [143, 144]. Am häufigsten sind die Atemwege mit Feststoffen verlegt, wie Nüssen, Trauben, Samen, Gemüse, Fleisch und Brot [142, 143]. Insbesondere Kinder nehmen al-

le möglichen Gegenstände in den Mund [142].

Ein Fremdkörper kann sich in den oberen Atemwegen, der Luftröhre oder den unteren Atemwegen (Bronchien und Bronchiolen) festsetzen [145]. Verlegungen der Atemwege können teilweise oder vollständig sein. Bei einer teilweisen Atemwegsverlegung kann immer noch Luft um die Blockierung herumströmen, was eine gewisse Belüftung ermöglicht. Auch die Fähigkeit zum Husten besteht weiterhin. Eine vollständige Atemwegsverlegung tritt ein, wenn keine Luft mehr um die Blockierung herumströmen kann. Unbehandelt führt eine vollständige Atemwegsverlegung innerhalb weniger Minuten zu Hypoxie, Bewusstlosigkeit und Kreislaufstillstand. Eine schnelle Behandlung ist entscheidend.

Es ist wichtig, den Betroffenen zu fragen: „Würgen Sie?“ Ein Betroffener, der noch sprechen, husten und atmen kann, hat vermutlich eine leichte Verlegung der Atemwege. Wer nicht mehr sprechen kann, nur noch schwach hustet, Probleme bei der Atmung hat oder gar keine Luft mehr bekommt, hat eine schwere Atemwegsverlegung.

## Behandlung der Atemwegsobstruktion durch Fremdkörper

Die Leitlinien für die Behandlung von FBAO, die nach der systematische Überprüfung durch ILCOR und CoSTR [115, 146] erstellt wurden, unterstreichen die Bedeutung einer frühzeitigen Intervention durch einen Ersthelfer [147, 148].

### Patienten bei Bewusstsein mit einer Atemwegsverlegung

Eine Person, die bei Bewusstsein und in der Lage ist, zu husten, soll dazu ermutigt werden, da Husten einen hohen und anhaltenden Druck in den Atemwegen erzeugt und den Fremdkörper ausstoßen kann [147, 149, 150]. Eine aggressive Behandlung mit Rückenschlägen, Oberbauchstößen und Brustkompressionen birgt ein gewisses Verletzungsrisiko und kann die Blockierung ggf. sogar verschlimmern. Diese Verfahren, insbesondere Oberbauchstöße, sind Betroffenen vorbehalten, die Anzeichen einer schwe-

ren Atemwegsblockierung aufweisen, wie z. B. die Unfähigkeit zu husten oder Zeichen einer Erschöpfung. Wenn sich durch Husten das Hindernis nicht beseitigen lässt oder der Betroffene Anzeichen von Ermüdung zeigt, geben Sie bis zu 5 Rückenschläge. Wenn diese unwirksam sind, geben Sie bis zu 5 Oberbauchstöße. Wenn beide Therapieansätze nicht erfolgreich sind, werden weitere Versuche von 5 Rückenschlägen, gefolgt von 5 Oberbauchstößen durchgeführt.

### Bewusstloser Betroffener mit einer Atemwegsverlegung durch Fremdkörper

Wenn der Betroffene zu irgendeinem Zeitpunkt keine oder keine normale Atmung zeigt und bewusstlos ist, wird umgehend mit Thoraxkompressionen gemäß dem BLS-Wiederbelebungsalgorithmus begonnen und so lange fortgesetzt, bis der Betroffene beginnt normal zu atmen oder der Rettungsdienst eintrifft. Der Grund dafür ist, dass Brustkompressionen höhere Atemwegsdrücke erzeugen als Oberbauchstöße und möglicherweise die Verlegung lösen, während sie gleichzeitig ein gewisses Herzzeitvolumen liefern [151–153].

Ungefähr 50 % der FBAO-Ereignisse können nicht durch eine alleinige Behandlungsstrategie gelöst werden [149]. Die Erfolgswahrscheinlichkeit lässt sich erhöhen, indem eine Kombination aus Rückenschlägen und Oberbauchstößen und ggf. sogar Bruststößen angewendet wird.

Eine Manipulation mit den Händen ohne direkte Sicht auf den Gegenstand, der die Atemwege verlegt, kann die Atemwegsverlegung weiter verschlimmern und zusätzliche Verletzungen an den Weichteilen verursachen [1]. Versuchen Sie nur dann, den Gegenstand mit den Händen zu entfernen, wenn das Hindernis im Mund deutlich zu erkennen ist.

Die Verwendung einer Magill-Zange durch geschultes medizinisches Fachpersonal unterliegt nicht dem Geltungsbe- reich der ERC-BLS-Leitlinie.

### Alternative Techniken

Seit einigen Jahren sind manuelle Absauggeräte zur Entfernung von Fremd-

körpern im Handel erhältlich. Der ERC verfolgt einen ähnlichen Ansatz wie das ILCOR, indem er vorschlägt, dass zunächst die Sicherheit, Wirksamkeits- und Schulungsanforderungen solcher Geräte überprüft werden müssen, bevor Empfehlungen für oder gegen deren Verwendung abgegeben werden können [1]. Ähnlich verhält es sich mit Interventionen wie Tisch- [154] und Stuhlmanöver [155]. zum gegenwärtigen Zeitpunkt fehlen ausreichende Beweise für ihre Einführung in die Leitlinien.

### Nachbehandlung und Überweisung zur medizinischen Nachsorge

Nach erfolgreicher Beseitigung einer Atemwegsverlegung durch Fremdkörper können immer noch Fremdkörper in den oberen oder unteren Atemwegen verblieben sein und später zu Komplikationen führen. Patienten mit anhaltendem Husten, Schluckbeschwerden oder dem Gefühl, dass ein Gegenstand immer noch im Hals steckt, sollen für eine medizinische Begutachtung an den Hausarzt oder eine Klinik überwiesen werden. Oberbauchstöße und Thoraxkompressionen können möglicherweise schwere innere Verletzungen verursachen. Alle Betroffenen, die mit diesen Maßnahmen erfolgreich behandelt wurden, sollen in der Folge von einem qualifizierten Arzt untersucht werden.

---

## Korrespondenzadresse

### Theresa M. Olasveengen

Department of Anesthesiology, Oslo University Hospital and Institute of Clinical Medicine, University of Oslo  
Oslo, Norwegen  
ulrich.jost@dlrg.de

---

### Korrespondierender Übersetzer

Dr. med. Ulrich Jost  
Deutsche Lebens-Rettungs-Gesellschaft e. V.  
Im Niedernfeld 1–3  
31542 Bad Nenndorf  
ulrich.jost@dlrg.de

**Danksagung.** Die Autorengruppe würdigt die Beiträge von Tommaso Scquizzato zum Entwurf des Abschnitts „Wie Technologie helfen kann“. Gavin D. Perkins wird vom Nationalen Institut für Gesundheitsforschung (NIHR) für angewandte Forschungszusammenarbeit (ARC) in West Midlands unterstützt. Die geäußerten Ansichten sind die der Autoren und

nicht unbedingt die des NIHR oder des Ministeriums für Gesundheit und Soziales.

Die Übersetzung dieses Kapitels wurde von Dr. med. Ulrich Jost und Sebastian Habicht, B.A. geleistet.

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** T.M. Olasveengen declares research funding from Laerdal Foundation and Zoll Foundation. J. Soar declares his role as an editor of Resuscitation; he declares institutional research funding for the Audit-7 project. M. Smyth reports unspecified institutional research funding. G. Ristagno declares his role of consultant for Zoll; he reports research grant from Zoll for the AMSA trial and other Institutional grants: EU Horizon 2020 support for ESCAPE-NET, Fondazione Sestini support for the project "CPArtrial", EU Horizon 2020 and Coordination and support for the action "iProcureSecurity". G.D. Perkins reports funding from Elsevier for his role as an editor of the journal Resuscitation. He reports research funding from the National Institute for Health Research in relation to the PARAMEDIC2 trial and the RESPECT project and from the Resuscitation Council UK and British Heart Foundation for the OHCARegistry. A. Handley declared his role of Medical advisor British Airways and Medical Director of Places for People. F. Semeraro, M. Castren, A. Kuzovlev, K.G. Monsieurs, V. Raffay, and H. Svavarsdóttir declare that they have no competing interests. [Stand 07.05.2020, Originalartikel in *Resuscitation*]

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

## Literatur

- Olasveengen TM, Mancini ME, Perkins GD, Avis S, Brooks S et al (2020) Adult basic life support 2020 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Resuscitation* 161:98–114
- Koster RW, Sayre MR, Botha M, et al (2010) Part 5: Adult basic life support: 2010 International consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Resuscitation* 81(Suppl.1):e48–e70
- Zideman DA, Singletary EM, Borra V et al (2021) Erste Hilfe. Leitlinien des European Resuscitation Council 2021. *Notf Rett Med*. <https://doi.org/10.1007/s10049-021-00886-w>
- Perkins GD, Morley PT, Nolan JP et al (2020) International Liaison Committee on Resuscitation: COVID-19 consensus on science, treatment recommendations and task force insights. *Resuscitation* 151:145–147
- Couper K, Taylor-Phillips S, Grove A et al (2020) COVID-19 in cardiac arrest and infection risk to rescuers: a systematic review. *Resuscitation* 151:59–66
- Nolan JP, Monsieurs KG, Bossaert L et al (2020) European Resuscitation Council COVID-19 guidelines executive summary. *Resuscitation* 153:45–55
- Perkins GD, Gräsner J-T, Semeraro F et al (2021) Kurzfassung. Leitlinien des European Resuscitation Council 2021 Notfall Rettungsmed. <https://doi.org/10.1007/s10049-021-00883-z>
- Koster RW, Sayre MR, Botha M et al (2010) Part 5: adult basic life support: 2010 International consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Resuscitation* 81(Suppl 1):e48–e70
- Bahr J, Klingler H, Panzer W, Rode H, Kettler D (1997) Skills of lay people in checking the carotid pulse. *Resuscitation* 35:23–26
- Ruppert M, Reith MW, Widmann JH et al (1999) Checking for breathing: evaluation of the diagnostic capability of emergency medical services personnel, physicians, medical students, and medical laypersons. *Ann Emerg Med* 34:720–729
- Perkins GD, Stephenson B, Hulme J, Monsieurs KG (2005) Birmingham assessment of breathing study (BABS). *Resuscitation* 64:109–113
- Handley AJ, Koster R, Monsieurs K, Perkins GD, 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* 67(Suppl 1):S7–S23
- Anonymous (2000) Part 3: adult basic life support. European Resuscitation Council. *Resuscitation* 46:29–71
- Clark JJ, Larsen MP, Culley LL, Graves JR, Eisenberg MS (1992) Incidence of agonal respirations in sudden cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 21:1464–1467
- Debaty G, Labarere J, Frascone RJ et al (2017) Long-term prognostic value of gasping during out-of-hospital cardiac arrest. *J Am Coll Cardiol* 70:1467–1476
- Bang A, Herlitz J, Martinell S (2003) Interaction between emergency medical dispatcher and caller in suspected out-of-hospital cardiac arrest calls with focus on agonal breathing. A review of 100 tape recordings of true cardiac arrest cases. *Resuscitation* 56:25–34
- Riou M, Ball S, Williams TA et al (2018) 'She's sort of breathing': what linguistic factors determine call-taker recognition of agonal breathing in emergency calls for cardiac arrest? *Resuscitation* 122:92–98
- Dami F, Heymann E, Pasquier M, Fuchs V, Carron PN, Hugli O (2015) Time to identify cardiac arrest and provide dispatch-assisted cardio-pulmonary resuscitation in a criteria-based dispatch system. *Resuscitation* 97:27–33
- Bohm K, Rosenqvist M, Hollenberg J, Biber B, Engerstrom L, Svensson L (2007) Dispatcher-assisted telephone-guided cardiopulmonary resuscitation: An underused lifesaving system. *Eur J Emerg Med* 14:256–259
- Fukushima H, Imanishi M, Iwami T et al (2015) Abnormal breathing of sudden cardiac arrest victims described by laypersons and its association with emergency medical service dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation instruction. *Emerg Med Clin North Am* 32:314–317
- Berdowski J, Beekhuis F, Zwiderman AH, Tijssen JG, Koster RW (2009) Importance of the first link: description and recognition of an out-of-hospital cardiac arrest in an emergency call. *Circulation* 119:2096–2102
- Travers S, Jost D, Gillard Y et al (2014) Out-of-hospital cardiac arrest phone detection: those who most need chest compressions are the most difficult to recognize. *Resuscitation* 85:1720–1725
- Vaillancourt C, Verma A, Trickett J et al (2007) Evaluating the effectiveness of dispatch-assisted cardiopulmonary resuscitation instructions. *Acad Emerg Med* 14:877–883
- Brinkrolf P, Metelmann B, Scharte C, Zarbock A, Hahnenkamp K, Bohn A (2018) Bystander-witnessed cardiac arrest is associated with reported agonal breathing and leads to less frequent bystander CPR. *Resuscitation* 127:114–118
- Hardeband C, Sunde K, Ramsdal H et al (2016) Factors impacting upon timely and adequate allocation of prehospital medical assistance and resources to cardiac arrest patients. *Resuscitation* 109:56–63
- Viereck S, Moller TP, Ersboll AK et al (2017) Recognising out-of-hospital cardiac arrest during emergency calls increases bystander cardiopulmonary resuscitation and survival. *Resuscitation* 115:141–147
- Feldman MJ, Verbeek PR, Lyons DG, Chad SJ, Craig AM, Schwartz B (2006) Comparison of the medical priority dispatch system to an out-of-hospital patient acuity score. *Acad Emerg Med* 13:954–960
- Sporer KA, Johnson NJ (2011) Detailed analysis of prehospital interventions in medical priority dispatch system determinants. *West J Emerg Med* 12:19–29
- Clawson J, Olola C, Scott G, Heward A, Patterson B (2008) Effect of a Medical Priority Dispatch System key question addition in the seizure/convulsion/fitting protocol to improve recognition of ineffective (agonal) breathing. *Resuscitation* 79:257–264
- Dami F, Rossetti AO, Fuchs V, Versin B, Hugli O (2012) Proportion of out-of-hospital adult non-traumatic cardiac or respiratory arrest among calls for seizure. *Emerg Med* 29:758–760
- Schwarzkopf M, Yin L, Hergert L, Drucker C, Counts CR, Eisenberg M (2020) Seizure-like presentation in OHCA creates barriers to dispatch recognition of cardiac arrest. *Resuscitation* 156:230–236
- Kamikura T, Iwasaki H, Myojo Y, Sakagami S, Takei Y, Inaba H (2015) Advantage of CPR-first over call-first actions for out-of-hospital cardiac arrests in nonelderly patients and of noncardiac aetiology. *Resuscitation* 96:37–45
- Orlowski JP (1986) Optimum position for external cardiac compression in infants and young children. *Ann Emerg Med* 15:667–673
- Cha KC, Kim HJ, Shin HJ, Kim H, Lee KH, Hwang SO (2013) Hemodynamic effect of external chest compressions at the lower end of the sternum in cardiac arrest patients. *J Emerg Med* 44:691–697
- Qvigstad E, Kramer-Johansen J, Tomte O et al (2013) Clinical pilot study of different hand positions during manual chest compressions monitored with capnography. *Resuscitation* 84:1203–1207
- Park M, Oh WS, Chon SB, Cho S (2018) Optimum chest compression point for cardiopulmonary resuscitation in children revisited using a 3D coordinate system imposed on CT: a retrospective, cross-sectional study. *Pediatr Crit Care Med* 19:e576–e584
- Lee J, Oh J, Lim TH et al (2018) Comparison of optimal point on the sternum for chest compression between obese and normal weight individuals with respect to body mass index, using computer tomography: A retrospective study. *Resuscitation* 128:1–5
- Nestaas S, Stensaeth KH, Rosseland V, Kramer-Johansen J (2016) Radiological assessment of chest compression point and achievable compression depth in cardiac patients. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 24:54

39. Cha KC, Kim YJ, Shin HJ et al (2013) Optimal position for external chest compression during cardiopulmonary resuscitation: an analysis based on chest CT in patients resuscitated from cardiac arrest. *Emerg Med Clin North Am* 30:615–619
40. Papadimitriou P, Chalkias A, Mastrokostopoulos A, Kapniari I, Xanthos T (2013) Anatomical structures underneath the sternum in healthy adults and implications for chest compressions. *Am J Emerg Med* 31:549–555
41. Holmes S, Kirkpatrick ID, Zelop CM, Jassal DS (2015) MRI evaluation of maternal cardiac displacement in pregnancy: implications for cardiopulmonary resuscitation. *Am J Obstet Gynecol* 213:401e1–401e5
42. Catena E, Ottolina D, Fossali T et al (2019) Association between left ventricular outflow tract opening and successful resuscitation after cardiac arrest. *Resuscitation* 138:8–14
43. Park JB, Song IK, Lee JH, Kim EH, Kim HS, Kim JT (2016) Optimal chest compression position for patients with a single ventricle during cardiopulmonary resuscitation. *Pediatr Crit Care Med* 17:303–306
44. Considine J, Gazmuri RJ, Perkins GD et al (2020) Chest compression components (rate, depth, chest wall recoil and leaning): a scoping review. *Resuscitation* 146:188–202
45. Perkins GD, Handley AJ, Koster RW et al (2015) European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 2. Adult basic life support and automated external defibrillation. *Resuscitation* 95:81–99
46. Cheskes S, Common MR, Byers AP, Zhan C, Silver A, Morrison LJ (2015) The association between chest compression release velocity and outcomes from out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 86:38–43
47. Hwang SO, Cha KC, Kim K et al (2016) A randomized controlled trial of compression rates during cardiopulmonary resuscitation. *J Korean Med Sci* 31:1491–1498
48. Kilgannon JH, Kirchhoff M, Pierce L, Aunchman N, Trzeciak S, Roberts BW (2017) Association between chest compression rates and clinical outcomes following in-hospital cardiac arrest at an academic tertiary hospital. *Resuscitation* 110:154–161
49. Kovacs A, Vadeboncoeur TF, Stolz U et al (2015) Chest compression release velocity: association with survival and favorable neurologic outcome after out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 92:107–114
50. Riyapan S, Naulnark T, Ruangsomboon O et al (2019) Improving quality of chest compression in Thai emergency department by using real-time audio-visual feedback cardio-pulmonary resuscitation monitoring. *J Med Assoc Thai* 102:245–251
51. Sainio M, Hoppu S, Huhtala H, Eilevstjonn J, Olkkola KT, Tenhunen J (2015) Simultaneous beat-to-beat assessment of arterial blood pressure and quality of cardiopulmonary resuscitation in out-of-hospital and in-hospital settings. *Resuscitation* 96:163–169
52. Sutton RM, Case E, Brown SP et al (2015) A quantitative analysis of out-of-hospital pediatric and adolescent resuscitation quality—a report from the ROC epistery-cardiac arrest. *Resuscitation* 93:150–157
53. Sutton RM, Reeder RW, Landis W et al (2018) Chest compression rates and pediatric in-hospital cardiac arrest survival outcomes. *Resuscitation* 130:159–166
54. Edelson DP, Abella BS, Kramer-Johansen J et al (2006) Effects of compression depth and pre-shock pauses predict defibrillation failure during cardiac arrest. *Resuscitation* 71:137–145
55. Kramer-Johansen J, Myklebust H, Wik L et al (2006) Quality of out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation with real time automated feedback: a prospective interventional study. *Resuscitation* 71:283–292
56. Kern KB, Sanders AB, Raife J, Milander MM, Otto CW, Ewy GA (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
57. Idris AH, Guffey D, Pepe PE et al (2015) Chest compression rates and survival following out-of-hospital cardiac arrest. *Crit Care Med* 43:840–848
58. Idris AH, Guffey D, Aufderheide TP et al (2012) Relationship between chest compression rates and outcomes from cardiac arrest. *Circulation* 125:3004–3012
59. Abella BS, Sandbo N, Vassilatos P et al (2005) Chest compression rates during cardiopulmonary resuscitation are suboptimal: a prospective study during in-hospital cardiac arrest. *Circulation* 111:428–434
60. Ornato JP, Gonzalez ER, Garnett AR, Levine RL, McClung BK (1988) Effect of cardiopulmonary resuscitation compression rate on end-tidal carbon dioxide concentration and arterial pressure in man. *Crit Care Med* 16:241–245
61. Bohn A, Weber TP, Wecker S et al (2011) The addition of voice prompts to audiovisual feedback and debriefing does not modify CPR quality or outcomes in out of hospital cardiac arrest—a prospective, randomized trial. *Resuscitation* 82:257–262
62. Stiell IG, Brown SP, Nichol G et al (2014) What is the optimal chest compression depth during out-of-hospital cardiac arrest resuscitation of adult patients? *Circulation* 130:1962–1970
63. Vadeboncoeur T, Stolz U, Panchal A et al (2014) Chest compression depth and survival in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 85:182–188
64. Hellevoet H, Sainio M, Nevalainen R et al (2013) Deeper chest compression—more complications for cardiac arrest patients? *Resuscitation* 84:760–765
65. Stiell IG, Brown SP, Christenson J et al (2012) What is the role of chest compression depth during out-of-hospital cardiac arrest resuscitation? *Crit Care Med* 40:1192–1198
66. Babbs CF, Kemeny AE, Quan W, Freeman G (2008) A new paradigm for human resuscitation research using intelligent devices. *Resuscitation* 77:306–315
67. Sutton RM, French B, Niles DE et al (2014) 2010 American Heart Association recommended compression depths during pediatric in-hospital resuscitations are associated with survival. *Resuscitation* 85:1179–1184
68. Holt J, Ward A, Mohamed TY et al (2020) The optimal surface for delivery of CPR: A systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 155:159–164
69. Perkins GD, Kocierz L, Smith SC, McCulloch RA, Davies RP (2009) Compression feedback devices over estimate chest compression depth when performed on a bed. *Resuscitation* 80:79–82
70. Beesems SG, Koster RW (2014) Accurate feedback of chest compression depth on a manikin on a soft surface with correction for total body displacement. *Resuscitation* 85:1439–1443
71. Nishisaki A, Maltese MR, Niles DE et al (2012) Backboards are important when chest compressions are provided on a soft mattress. *Resuscitation* 83:1013–1020
72. Sato H, Komasa N, Ueki R et al (2011) Backboard insertion in the operating table increases chest compression depth: a manikin study. *J Anesth* 25:770–772
73. Song Y, Oh J, Lim T, Chee Y (2013) A new method to increase the quality of cardiopulmonary resuscitation in hospital. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2013:469–472
74. Lee S, Oh J, Kang H et al (2015) Proper target depth of an accelerometer-based feedback device during CPR performed on a hospital bed: a randomized simulation study. *Am J Emerg Med* 33:1425–1429
75. Oh J, Song Y, Kang B et al (2012) The use of dual accelerometers improves measurement of chest compression depth. *Resuscitation* 83:500–504
76. Ruiz de Gauna S, Gonzalez-Otero DM, Ruiz J, Gutierrez JJ, Russell JK (2016) A feasibility study for measuring accurate chest compression depth and rate on soft surfaces using two accelerometers and spectral analysis. *Biomed Res Int* 2016:6596040
77. Oh J, Chee Y, Song Y, Lim T, Kang H, Cho Y (2013) A novel method to decrease mattress compression during CPR using a mattress compression cover and a vacuum pump. *Resuscitation* 84:987–991
78. Perkins GD, Benny R, Giles S, Gao F, Tweed MJ (2003) Do different mattresses affect the quality of cardiopulmonary resuscitation? *Intensive Care Med* 29:2330–2335
79. Tweed M, Tweed C, Perkins GD (2001) The effect of differing support surfaces on the efficacy of chest compressions using a resuscitation manikin model. *Resuscitation* 51:179–183
80. Andersen LO, Isbye DL, Rasmussen LS (2007) Increasing compression depth during manikin CPR using a simple backboard. *Acta Anaesthesiol Scand* 51:747–750
81. Fischer EJ, Mayrand K, Ten Eyck RP (2016) Effect of a backboard on compression depth during cardiac arrest in the ED: a simulation study. *Am J Emerg Med* 34:274–277
82. Perkins GD, Smith CM, Augre C et al (2006) Effects of a backboard, bed height, and operator position on compression depth during simulated resuscitation. *Intensive Care Med* 32:1632–1635
83. Sanri E, Karacabey S (2019) The impact of backboard placement on chest compression quality: a mannequin study. *Prehosp Disaster med* 34:182–187
84. Putzer G, Fiala A, Braun P et al (2016) Manual versus mechanical chest compressions on surfaces of varying softness with or without backboards: a randomized, crossover manikin study. *J Emerg Med* 50:594–600e1
85. Jantti H, Silfvast T, Turpeinen A, Kiviniemi V, Uusaro A (2009) Quality of cardiopulmonary resuscitation on manikins: on the floor and in the bed. *Acta Anaesthesiol Scand* 53:1131–1137
86. Ahn HJ, Cho Y, You YH et al (2019) Effect of using a home-bed mattress on bystander chest compression during out-of-hospital cardiac arrest. *Hong Kong J Emerg Med*. <https://doi.org/10.1177/1024907919856485>
87. Olasveengen TM, de Caen AR, Mancini ME et al (2017) 2017 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations summary. *Resuscitation* 121:201–214
88. Ashoor HM, Lillie E, Zarin W et al (2017) Effectiveness of different compression-to-ventilation methods for cardiopulmonary resuscitation: a systematic review. *Resuscitation* 118:112–125

89. Garza AG, Gratton MC, Salomone JA, Lindholm D, McElroy J, Archer R (2009) Improved patient survival using a modified resuscitation protocol for out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 119:2597–2605
90. Olasveengen TM, de Caen AR, Mancini ME et al (2017) 2017 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations summary. *Circulation* 136:e424–e440
91. Ma MH, Lu TC, Ng JC et al (2007) Evaluation of emergency medical dispatch in out-of-hospital cardiac arrest in Taipei. *Resuscitation* 73:236–245
92. Bohm K, Stalhandske B, Rosenqvist M, Ulfvarson J, Hollenberg J, Svensson L (2009) Tuition of emergency medical dispatchers in the recognition of agonal respiration increases the use of telephone assisted CPR. *Resuscitation* 80:1025–1028
93. Roppolo LP, Westfall A, Pepe PE et al (2009) Dispatcher assessments for agonal breathing improve detection of cardiac arrest. *Resuscitation* 80:769–772
94. Dami F, Fuchs V, Praz L, Vader JP (2010) Introducing systematic dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation (telephone-CPR) in a non-Advanced Medical Priority Dispatch System (AMPDS): implementation process and costs. *Resuscitation* 81:848–852
95. Lewis M, Stubbs BA, Eisenberg MS (2013) Dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation: time to identify cardiac arrest and deliver chest compression instructions. *Circulation* 128:1522–1530
96. Nichol G, Leroux B, Wang H et al (2015) Trial of continuous or interrupted chest compressions during CPR. *N Engl J Med* 373:2203–2214
97. Gold LS, Fahrenbruch CE, Rea TD, Eisenberg MS (2010) The relationship between time to arrival of emergency medical services (EMS) and survival from out-of-hospital ventricular fibrillation cardiac arrest. *Resuscitation* 81:622–625
98. Wik L, Hansen TB, Fylling F et al (2003) Delaying defibrillation to give basic cardiopulmonary resuscitation to patients with out-of-hospital ventricular fibrillation: a randomized trial. *JAMA* 289:1389–1395
99. Baker PW, Conway J, Cotton C et al (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
100. Jacobs IG, Finn JC, Oxer HF, Jelinek GA (2005) CPR before defibrillation in out-of-hospital cardiac arrest: a randomized trial. *Emerg Med Australas* 17:39–45
101. Ma MH, Chiang WC, Ko PC et al (2012) A randomized trial of compression first or analyze first strategies in patients with out-of-hospital cardiac arrest: results from an Asian community. *Resuscitation* 83:806–812
102. Stiell IG, Nichol G, Leroux BG et al (2011) Early versus later rhythm analysis in patients with out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 365:787–797
103. Sunde K, Jacobs I, Deakin CD et al (2010) Part 6: Defibrillation: 2010 international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Resuscitation* 81(Suppl 1):e71–e85
104. Jacobs I, Sunde K, Deakin CD et al (2010) Part 6: Defibrillation: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation* 122:S325–37
105. Semeraro F, Greif R, Böttiger BW et al (2021) Lebensrettende Systeme Leitlinien des European Resuscitation Council 2021 Not Rett Med. <https://doi.org/10.1007/s10049-021-00889-7>
106. Hostler D, Everson-Stewart S, Rea TD et al (2011) Effect of real-time feedback during cardiopulmonary resuscitation outside hospital: prospective, cluster-randomised trial. *BMJ* 342:d512
107. Couper K, Kimani PK, Abella BS et al (2015) The system-wide effect of real-time audiovisual feedback and postevent debriefing for in-hospital cardiac arrest: the cardiopulmonary resuscitation quality improvement initiative. *Crit Care Med* 43:2321–2331
108. Sainio M, Kamarainen A, Huhtala H et al (2013) Real-time audiovisual feedback system in a physician-staffed helicopter emergency medical service in Finland: the quality results and barriers to implementation. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 21:50
109. Bobrow BJ, Vadeboncoeur TF, Stolz U et al (2013) The influence of scenario-based training and real-time audiovisual feedback on out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation quality and survival from out-of-hospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 62:47–56e1
110. Abella BS, Edelson DP, Kim S et al (2007) CPR quality improvement during in-hospital cardiac arrest using a real-time audiovisual feedback system. *Resuscitation* 73:54–61
111. Agerskov M, Hansen MB, Nielsen AM, Moller TP, Wissenberg M, Rasmussen LS (2017) Return of spontaneous circulation and long-term survival according to feedback provided by automated external defibrillators. *Acta Anaesthesiol Scand* 61:1345–1353
112. Goharani R, Vahedian-Azimi A, Farzanegan B et al (2019) Real-time compression feedback for patients with in-hospital cardiac arrest: a multi-center randomized controlled clinical trial. *J Intensive Care* 7:5
113. Vahedian-Azimi A, Hajiesmaeili M, Amiravadkouhi A et al (2016) Effect of the Cardio First Angel device on CPR indices: a randomized controlled clinical trial. *Crit Care* 20:147
114. Chiang WC, Chen WJ, Chen SY et al (2005) Better adherence to the guidelines during cardiopulmonary resuscitation through the provision of audio-prompts. *Resuscitation* 64:297–301
115. Olasveengen TM, Mancini ME, Perkins GD et al (2020) Adult basic life support: international consensus on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Resuscitation* 156:A35–A79
116. White L, Rogers J, Bloomingdale M et al (2010) Dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation: risks for patients not in cardiac arrest. *Circulation* 121:91–97
117. Haley KB, Lerner EB, Pirralo RG, Croft H, Johnson A, Uihlein M (2011) The frequency and consequences of cardiopulmonary resuscitation performed by bystanders on patients who are not in cardiac arrest. *Prehosp Emerg Care* 15:282–287
118. Moriwaki Y, Sugiyama M, Tahara Y et al (2012) Complications of bystander cardiopulmonary resuscitation for unconscious patients without cardiopulmonary arrest. *J Emerg Trauma Shock* 5:3–6
119. Tanaka Y, Nishi T, Takase K et al (2014) Survey of a protocol to increase appropriate implementation of dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 129:1751–1760
120. Lu TC, Chang YT, Ho TW et al (2019) Using a smartwatch with real-time feedback improves the delivery of high-quality cardiopulmonary resuscitation by healthcare professionals. *Resuscitation* 140:16–22
121. Park SS (2014) Comparison of chest compression quality between the modified chest compression method with the use of smartphone application and the standardized traditional chest compression method during CPR. *Technol Health Care* 22:351–358
122. Ringh M, Rosenqvist M, Hollenberg J et al (2015) Mobile-phone dispatch of laypersons for CPR in out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 372:2316–2325
123. Lee SY, Shin SD, Lee YJ et al (2019) Text message alert system and resuscitation outcomes after out-of-hospital cardiac arrest: a before-and-after population-based study. *Resuscitation* 138:198–207
124. Squizzato T, Pallanch O, Belletti A et al (2020) Enhancing citizens response to out-of-hospital cardiac arrest: A systematic review of mobile-phone systems to alert citizens as first responders. *Resuscitation* 152:16–25
125. Andelius L, Malta Hansen C, Lippert FK et al (2020) Smartphone activation of citizen responders to facilitate defibrillation in out-of-hospital cardiac arrest. *J Am Coll Cardiol* 76:43–53
126. Lin YY, Chiang WC, Hsieh MJ, Sun JT, Chang YC, Ma MH (2018) Quality of audio-assisted versus video-assisted dispatcher-instructed bystander cardiopulmonary resuscitation: a systematic review and meta-analysis. *Resuscitation* 123:77–85
127. Lee SY, Song KJ, Shin SD, Hong KJ, Kim TH (2020) Comparison of the effects of audio-instructed and video-instructed dispatcher-assisted cardiopulmonary resuscitation on resuscitation outcomes after out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 147:12–20
128. Kim C, Choi HJ, Moon H et al (2019) Prehospital advanced cardiac life support by EMT with a smartphone-based direct medical control for nursing home cardiac arrest. *Am J Emerg Med* 37:585–589
129. Gulshan V, Peng L, Coram M et al (2016) Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. *JAMA* 316:2402–2410
130. Rajkomar A, Oren E, Chen K et al (2018) Scalable and accurate deep learning with electronic health records. *NPJ Digit Med* 1:18
131. Blomberg SN, Folke F, Ersboll AK et al (2019) Machine learning as a supportive tool to recognize cardiac arrest in emergency calls. *Resuscitation* 138:322–329
132. Chan J, Rea T, Gollakota S, Sunshine JE (2019) Contactless cardiac arrest detection using smart devices. *NPJ Digit Med* 2:52
133. Kwon JM, Jeon KH, Kim HM et al (2019) Deep-learning-based out-of-hospital cardiac arrest prognostic system to predict clinical outcomes. *Resuscitation* 139:84–91
134. Al-Dury N, Ravn-Fischer A, Hollenberg J et al (2020) Identifying the relative importance of predictors of survival in out of hospital cardiac arrest: a machine learning study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 28:60
135. Claesson A, Backman A, Ringh M et al (2017) Time to delivery of an automated external defibrillator using a drone for simulated out-of-hospital cardiac arrests vs emergency medical services. *JAMA* 317:2332–2334

136. Boutilier JJ, Brooks SC, Janmohamed A et al (2017) Optimizing a drone network to deliver automated external defibrillators. *Circulation* 135:2454–2465
137. Vogele A, Strohle M, Paal P, Rauch S, Brugger H (2020) Can drones improve survival rates in mountain areas, providing automated external defibrillators? *Resuscitation* 146:277–278
138. Sanfridsson J, Sparrevid J, Hollenberg J et al (2019) Drone delivery of an automated external defibrillator—a mixed method simulation study of bystander experience. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 27:40
139. Fingerhut LA, Cox CS, Warner M (1998) International comparative analysis of injury mortality. Findings from the ICE on injury statistics. International Collaborative Effort on Injury Statistics. *Adv Data* 303:1–20
140. Statista.com. Number of deaths due to choking in the United States from 1945 to 2018. Statista. <https://www.statista.com/statistics/527321/deaths-due-to-choking-in-the-us/>
141. Office for National Statistics. Choking related deaths in England and Wales, 2014 to 2018. Office for National Statistics. <https://www.ons.gov.uk/file?uri=/peoplepopulationandcommunity/birthsdeathsandmarriages/deaths/adhocs/009342chokingrelateddeathsregisteredinenglandandwales2014to2017/chokingrelateddeathsenglandwales201417.xls>
142. Foltran F, Ballali S, Passali FM et al (2012) Foreign bodies in the airways: a meta-analysis of published papers. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 76(Suppl 1):S12–S19
143. Hemsley B, Steel J, Sheppard JJ, Malandraki GA, Bryant L, Balandin S (2019) Dying for a meal: an integrative review of characteristics of choking incidents and recommendations to prevent fatal and nonfatal choking across populations. *Am J Speech Lang Pathol* 28:1283–1297
144. Wong SC, Tariq SM (2011) Cardiac arrest following foreign-body aspiration. *respir care* 56:527–529
145. Igarashi Y, Norii T, Sung-Ho K et al (2019) New classifications for Life-threatening foreign body airway obstruction. *Am J Emerg Med* 37:2177–2181
146. Couper K, Hassan AA, Ohri V et al (2020) Removal of foreign body airway obstruction: a systematic review of interventions. *Resuscitation* 156:174–181
147. Igarashi Y, Yokobori S, Yoshino Y, Masuno T, Miyauchi M, Yokota H (2017) Prehospital removal improves neurological outcomes in elderly patient with foreign body airway obstruction. *Am J Emerg Med* 35:1396–1399
148. Kinoshita K, Azuhata T, Kawano D, Kawahara Y (2015) Relationships between pre-hospital characteristics and outcome in victims of foreign body airway obstruction during meals. *Resuscitation* 88:63–67
149. Redding JS (1979) The choking controversy: critique of evidence on the Heimlich maneuver. *Crit Care Med* 7:475–479
150. Vilke GM, Smith AM, Ray LU, Steen PJ, Murrin PA, Chan TC (2004) Airway obstruction in children aged less than 5 years: the prehospital experience. *Prehosp Emerg Care* 8:196–199
151. Langhelle A, Sunde K, Wik L, Steen PA (2000) Airway pressure with chest compressions versus Heimlich manoeuvre in recently dead adults with complete airway obstruction. *Resuscitation* 44:105–108
152. Guildner CW, Williams D, Subitch T (1976) Airway obstructed by foreign material: the Heimlich maneuver. *JACEP* 5:675–677
153. Ruben H, Macnaughton FI (1978) The treatment of food-choking. *Practitioner* 221:725–729
154. Blain H, Bonnafoous M, Grovalet N, Jonquet O, David M (2010) The table maneuver: a procedure used with success in four cases of unconscious choking older subjects. *Am J Med* 123:1150e7–1150e9
155. Pavitt MJ, Swanton LL, Hind M et al (2017) Choking on a foreign body: a physiological study of the effectiveness of abdominal thrust manoeuvres to increase thoracic pressure. *Thorax* 72:576–578