

Bernhard C. Friedli^a, Regula Erb^b,
Peter Stoffel^a, Hans O. Gloor^c,
Jürg H. Beer^a

^a Departement Innere Medizin, Kantonsspital, Baden

^b Departement Perioperative Medizin,
Kantonsspital, Baden

^c Kardiologie, Hirslanden Klinik, Aarau

Laiendefibrillation ausserhalb des Spitals – häufig propagiert, aber zu selten eingesetzt

Summary

Out-of-hospital cardiac arrests (OHCA) have a poor outcome. Firefighters, police or emergency medical services are generally unable to reach patients with an OHCA within the 5 minutes required for a successful defibrillation. Based on our experience and the existing literature, we demonstrate the advantage of early defibrillation by laypersons (public access defibrillation [PAD]). The rate of survival of 9% (4/43) at hospital discharge in patients treated by the emergency medical service of the Kantonsspital Baden lies within the worldwide average reported in the international literature. Totally 3 out of 12 defibrillated patients (25%) left the hospital alive. Only one of the surviving patients was, however, defibrillated by the emergency medical service. One patient survived an OHCA with only minimal neurological dysfunctions thanks to the use of an automated external defibrillator (AED) by a layperson. Several studies on PAD show a trend to reduce mortality in OHCA. AEDs can be used safely and cost-effectively by laypersons. Efforts of the Swiss Resuscitation Council (SRC) to promote AEDs in Switzerland in order to minimise the collapse to defibrillation time have not been successful so far. Presently there is no data in this country available about early defibrillation by laypersons to confirm the successful use of PAD. In order to improve the rate of survival after OHCA in Switzerland, sufficient funding and manpower to further promote the use of AEDs in public places with a high probability of OHCA is essential.

Key words: lay defibrillation; out-of-hospital cardiac arrest (OHCA); automated external defibrillator (AED); public access defibrillation (PAD)

Zusammenfassung

Der akute Kreislaufstillstand ausserhalb des Spitals (Out-of-Hospital Cardiac Arrest [OHCA]) ist ein Ereignis mit schlechter Pro-

gnose. Rettungskräfte wie Feuerwehr, Polizei und Rettungssanität erreichen den Patienten meist nicht innerhalb der erforderlichen 5-Minuten-Schwelle und defibrillieren diesen deshalb in einer Phase des Kreislaufstillstands mit geringen Erfolgsaussichten. Wir zeigen anhand unserer Erfahrung und der Literatur die Vorteile der Frühdefibrillation durch Freiwillige mit nicht-medizinischer Bildung (Laiendefibrillation) auf. Die Spitalentlassungsrate der vom Rettungsdienst des Kantonsspitals Baden betreuten Patienten mit OHCA liegt mit 9% (4/43) im weltweiten «Mittelfeld». Von 12 elektrisch reanimierten Patienten konnten 3 (25%) das Spital verlassen. Unter den Entlassenen war jedoch nur ein Patient, welcher durch den Rettungsdienst erstdefibrilliert wurde. Ein Patient überlebte einen OHCA mit minimalen neurologischen Ausfällen dank Einsatz eines automatischen externen Defibrillators (AED) durch einen Laien. Mehrere Untersuchungen zur Laiendefibrillation zeigen erfreuliche Trends zur Senkung der Mortalität des OHCA. Die Anwendung von AED durch Laien hat sich als sicher und kosteneffektiv erwiesen. Bemühungen des «Swiss Resuscitation Council» (SRC) zur Verbreitung von AED in der Schweiz zur Senkung der Zeit zwischen Kollaps und erster Defibrillation waren bisher wenig erfolgreich. Gesamtschweizerische Zahlen fehlen. Um die Erfolgszahlen nach OHCA auch in der Schweiz zu verbessern, müssen vermehrt finanzielle und personelle Ressourcen zur Verbreitung von AED an öffentlichen Plätzen mit hoher Wahrscheinlichkeit für OHCA aufgebracht werden.

Key words: Laiendefibrillation; Frühdefibrillation; Out-of-Hospital Cardiac Arrest (OHCA); automatischer externer Defibrillator (AED); Public-Access-Defibrillation (PAD)

Korrespondenz:

Dr. Bernhard Friedli
Departement Innere Medizin
Universitätsspital Basel
Petersgraben 4
CH-4031 Basel
E-Mail: friedlib@uhbs.ch

Einleitung

Die Spitalentlassungsrate von Patienten nach akutem Kreislaufstillstand ausserhalb des Spitals (Out-of-Hospital Cardiac Arrest [OHCA]) liegt weltweit bei 2–14% [1–6]. Um die Erfolgsrate in der Schweiz zu erhöhen, wurde 2001 der «Swiss Resuscitation Council» (SRC) ins Leben gerufen, welcher die Laiendefibrillation ausserhalb des Spitals propagiert. Seither sind durch diese Organisation in regelmässigen Abständen Publikationen zu kardio-

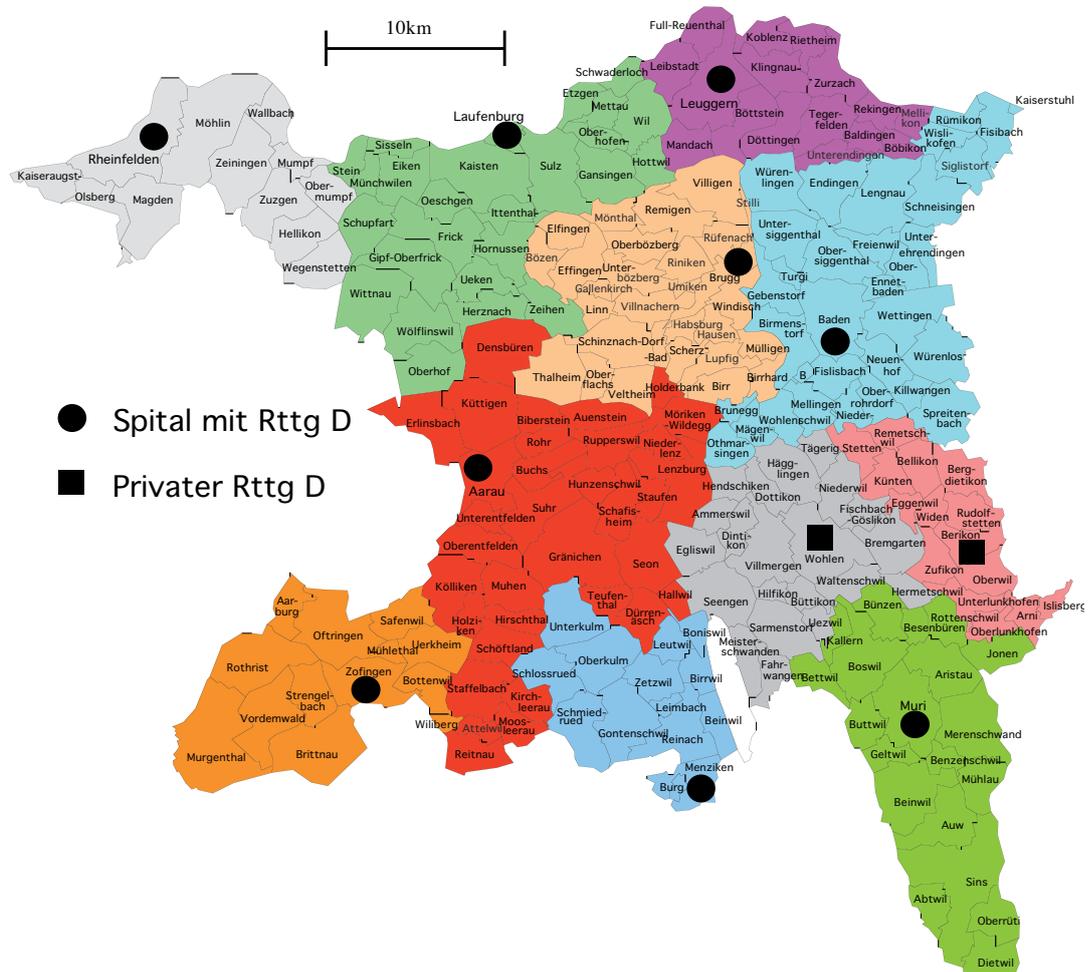
pulmonaler Reanimation und Frühdefibrillation erschienen. Bisher handelt es sich dabei lediglich um theoretische Anpassungen der Richtlinien, welche sich an die weltweit gültigen nordamerikanischen und europäischen Empfehlungen anlehnen. Die öffentliche Platzierung eines automatischen externen Defibrillators (AED) hat sich in der Schweiz erst an wenigen Standorten durchgesetzt. Gesamt-schweizerische Erfolgszahlen sind zurzeit nicht erhältlich.

Fragestellung und Methodik

Die ungenügende Datenlage bezüglich Laienfrühdefibrillation bei OHCA und die schleppende Verbreitung von AED in der Schweiz veranlassten uns, den Krankheitsverlauf der Patienten zu analysieren, welche im Einzugsgebiet des Kantonsspitals Baden im Jahr 2004 einen OHCA erlitten haben. Patienten mit traumatisch bedingtem OHCA und Kinder wurden von der Untersuchung ausgeschlossen. Infolge ungenauer Angaben der Direktbeteiligten wurde bewusst auf die Beurteilung der Zeit zwischen Kollaps und Defibrillation verzichtet. Anhand eines Falls einer erfolgreichen Laienfrühdefibrillation wird der Wert des breit verfügbaren AED propagiert und illustriert. Es handelt sich dabei um den einzigen uns bekannten Fall einer Laiendefibrillation im Einzugsgebiet des Kantonsspitals Baden im Jahr 2004.

Das Kantonsspital Baden ist Schwerpunktspital im Osten des Kantons Aargau mit einem Einzugsgebiet von rund 150 000 Einwohnern (Abb. 1). An Wochentagen stehen jeweils 2 Rettungsteams zu je 2–3 Personen und nachts sowie an Wochenenden 1 Team zu 2 Personen im Einsatz. Das Rettungswesen im Kanton Aargau basiert nicht auf dem Prinzip des Notarzt-Systems. Primäre Einsatzkräfte sind Rettungssanitäter

Abbildung 1
Einsatzgebiet Rettungsdienst Kantonsspital Baden (hellblau markiert). Das Aargauische Rettungswesen 2005 (abgedruckt mit freundlicher Genehmigung des Kantonsärztlichen Dienstes, Gesundheitsdepartement, Kanton Aargau).



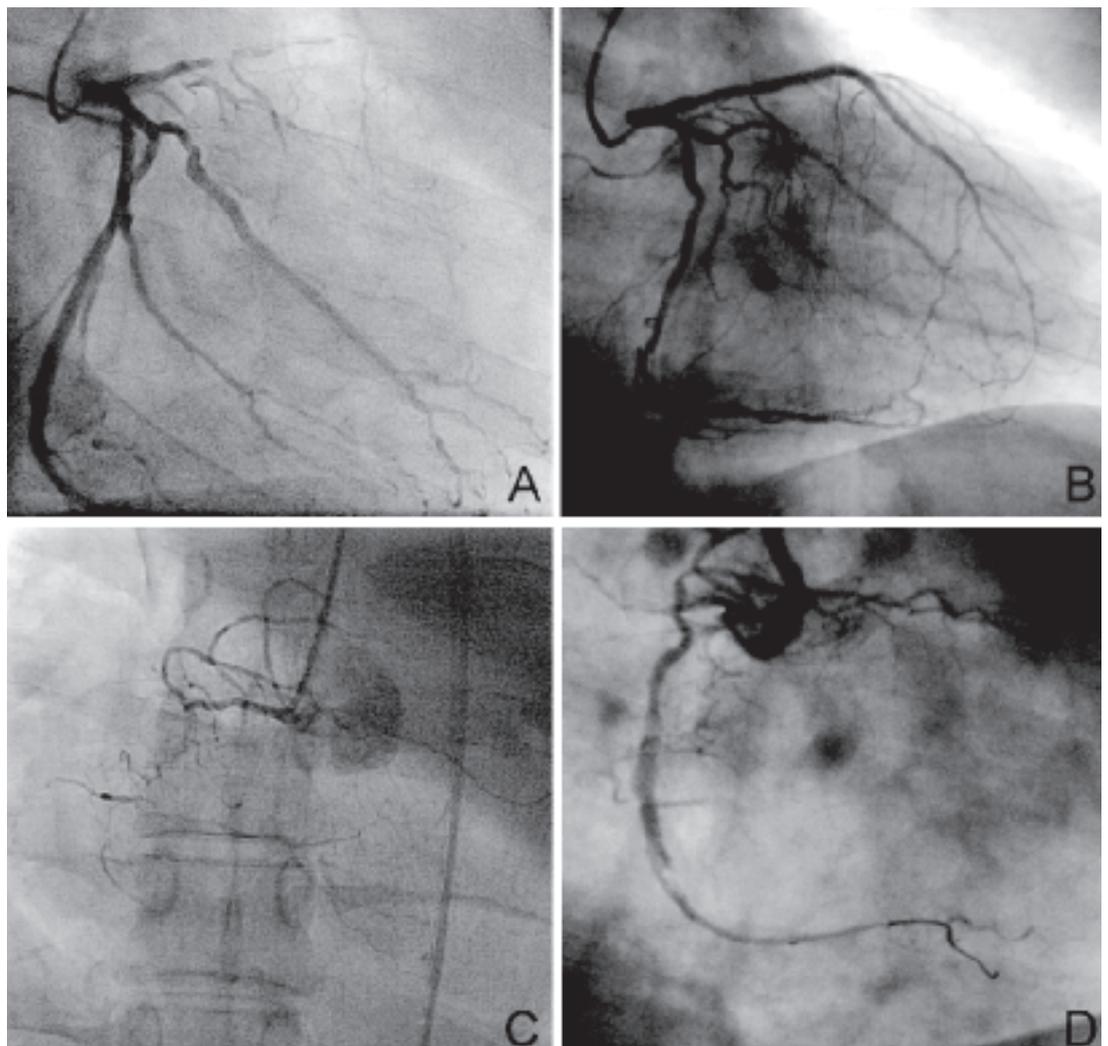
Innen und AnästhesiepflegerInnen. Die Rettungsfahrzeuge sind mit einem halbautomatischen Defibrillator (Lifepack 12®, Medtronic) ausgerüstet.

Kasuistik

Ein 38-jähriger Mann synkopierte aus dem Sitzen heraus während des Glückspiels in einem Spielcasino in der Schweiz. Durch einen in Laienreanimation ausgebildeten Sicherheitsdienst-Angestellten wurde der Mann mittels eines AED erfolgreich defibrilliert. Im Anschluss konnte auf eine mechanische Reanimation bei vorhandener Kreislauffunktion verzichtet werden. Der 15 Minuten nach beobachtetem Kreislaufstillstand eintreffende Rettungsdienst stellte einen tachykarden Sinusrhythmus (145/min) und eine Hypotonie (95/60 mm Hg) vereinbar mit einem Schock (Schockindex >1,5) fest. Der Patient wurde daraufhin unverzüglich ins Kantonsspital Baden gebracht. Aufgrund gefährdeter Atemwege (Glasgow Coma Scale 5 [A1, M3, V1], heftiges Erbrechen) und persistierender Kreislaufinstabilität fällt das Team des Notfallzentrums den Entscheid zur Intubation. Infolge eines Kammerflimmerns kurz nach Induktion der Narkose wurde der Patient erneut mit 360 J erfolgreich defibrilliert. Im 12-Ableitungs-EKG zeigte sich das Bild eines subakuten antero-septalen und eines alten inferioren Myokardinfarktes. Das Troponin T (0,02 µg/l) und die Herzenzyme (CK 132 U/l, CK-MB normal) lagen im Normbereich, weshalb der Patient mit der Diagnose eines Troponin-negativen akuten Koronarsyndroms im kardiogenen Schock zur Koronarangiographie in ein Zentrumsspital verlegt wurde. Nachdem dem Patienten eine intraaortale Ballonpumpe eingelegt worden war, konnte die Koronarangiographie durchgeführt werden, wobei eine schwere koronare 3-Gefäss-Erkrankung (Ramus interventricularis anterior mit chronischem proximalem Verschluss, Arteria coronaria dextra mit ostialem Verschluss und ausgeprägter Kollateralisierung, Arteria circumflexa mit 75prozentiger Stenose des 1. Marginalastes [Abb. 2A und 2C]) als Ursache der malignen Arrhythmien diagnostiziert wurde. Aufgrund des kardiogenen Schocks und der angiographischen Befunde wurde die Indikation zur akuten Intervention gestellt. Der proximale Ramus interventricularis anterior konnte partiell rekanalisiert werden. Der Versuch, die rechte Herzkranzarterie zu eröffnen, scheiterte. Als kardiovaskuläre Risikofaktoren lagen ein erheblicher Nikotinkonsum, eine arterielle Hypertonie, eine schwere Dyslipidämie und eine Adipositas (Body Mass Index 33,5 kg/m²) vor.

Abbildung 2

- A Ramus interventricularis anterior mit proximalem Verschluss und Arteria circumflexa mit 75prozentiger Stenose des 1. Marginalastes (RAO).
- B Offener Ramus interventricularis anterior nach Revaskularisation ein Jahr nach Kreislaufstillstand (RAO).
- C Arteria coronaria dextra mit proximalem Verschluss (LAO).
- D Arteria coronaria dextra mit proximaler 30prozentiger Reststenose und distaler postinterventio-neller Dissektion nach Revaskularisation ein Jahr nach Kreislaufstillstand (LAO).



Im Verlauf konnte der Patient trotz echokardiographisch persistierender schwer eingeschränkter linksventrikulärer systolischer Pumpfunktion (linksventrikuläre Auswurfraction biplan 30%) kardiopulmonal stabilisiert werden. Die Extubation erfolgte am vierten Hospitalisationstag. Als Komplikationen des Herzstillstands zeigte sich ein sensomotorisches linksseitiges Hemisyndrom mit Fazialisparese im Sinne eines Morbus embolicus nach Reanimation bei multiplen ischämischen Läsionen im Hirnstammbereich rechts sowie in beiden Hemisphären im Schädel-Magnetresonanztomogramm.

Im Anschluss an die Hospitalisation absolvierte der Patient eine dreimonatige kardiale und neurologische Rehabilitation, während der es zu einer deutlichen Verbesserung der neurologischen Symptomatik kam, wobei jedoch ein leichtes, beinbetontes sensomotorisches Hemisyndrom links persistierte. Die kognitive Leistung wurden vom Neurologen als uneingeschränkt beurteilt. Sechs Monate nach dem Ereignis wurden die distalen Reststenosen des Ramus interventricularis anterior erfolgreich rekanalisiert. Anlässlich der Koronarangiographie ein Jahr nach dem Kreislaufstillstand zeigte sich bei knapp erhaltener linksventrikulärer Auswurfraction ein gutes Langzeitergebnis am Ramus interventricularis anterior (Abb. 2B). Die Rekanalisierung des Verschlusses der A. coronaria dextra war bis zu diesem Zeitpunkt nicht abgeschlossen (Abb. 2D). Der Patient fühlte sich weitgehend leistungsfähig und verzichtete vollständig auf den Nikotinkonsum. Nach deutlicher Gewichtsreduktion wurde ein Body Mass Index von 29 kg/m² berechnet. Die Wiedereingliederung in den Arbeitsprozess war bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht erfolgt.

Resultate

Nicht-traumatisch bedingter Kreislaufstillstand ausserhalb des Spitals

Im Jahr 2004 erfolgten durch den Rettungsdienst des Kantonsspitals Baden 46 Einsätze (2% von 3297 Einsätzen im Jahre 2004) infolge eines akuten Kreislaufstillstands (Abb. 3). 94% (43/46) der Einsätze bei OHCA waren auf eine nicht-traumatische Ursache zurückzuführen. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht zu den Patientencharakteristika dieses Kollektivs. Der Ort des OHCA war mehrheitlich zu Hause (77%, 33/43). Bei 22 Patienten (51%, 22/43) wurden infolge Eintreten des Todes vor Eintreffen des Rettungsdienstes keine Reanimationsmassnahmen durchgeführt. 95% davon wurden zu Hause leblos vorgefunden. Infolge aussichtsloser Situation wurde die Reanimation bei weiteren 14 Patienten (33%, 14/43) abgebrochen. Insgesamt konnten 7 Patienten (17%, 7/43) transportfähig gemacht werden. 3 Patienten mit Asystolie als erstem abgeleiteten Rhythmus starben während der Hospitalisation. Die Spitalentlassungsrate nach nicht-traumatischem OHCA betrug 9% (4/43). Dabei wurden 3 Patienten in neurologisch gutem Zustand und 1 Patient mit einer schweren hypoxischen Enzephalopathie entlassen. Während bei letzterem als erster Rhythmus eine pulslose elektrische Aktivität diagnostiziert wurde, lag bei den anderen 3 Patienten initial ein Kammerflimmern vor (Abb. 3).

Elektrische Reanimation bei nicht-traumatisch bedingtem Kreislaufstillstand ausserhalb des Spitals

Bei 12 Einsätzen (28%, 12/43) des Rettungsdienstes am Kantonsspital Baden wurde infolge eines akuten Kreislaufstillstands mindestens einmal defibrilliert. Eine Übersicht der

elektrisch reanimierten Patienten ist in Abbildung 4 zusammengestellt. Während die erste Schockabgabe bei 9 Patienten (75%, 9/12) durch den Rettungsdienst selbst erfolgte, wurden 3 Patienten vor Eintreffen des Rettungsdienstes durch einen Notfallarzt (2 Fälle) und einen Laien (1 Fall) defibrilliert. Als erster Rhythmus wurde bei 6 Patienten ein Kammerflimmern und bei 1 Patienten ein Sinusrhythmus diagnostiziert. Letzterer präsentierte sich dem Rettungsteam anfänglich in einem kardiopulmonal kompensierten Zustand, fiel jedoch in ein Kammerflimmern nach Transport in das Ambulanzfahrzeug. Die restlichen 5 Patienten zeigten in der ersten EKG-Ableitung eine Asystolie, welche unter mechanischer und medikamentöser Reanimation in einen schockbaren Rhythmus überführt werden konnte. Dies erwies sich prognostisch als sehr ungünstig, da keiner der Patienten den OHCA überlebte.

Bei 5 von 12 Patienten (42%) konnte mittels Defibrillation ein spontaner Kreislauf mit tastbarem Puls hergestellt und somit der Transport ins Spital ermöglicht werden. Darunter befand sich je 1 Patient, welcher entweder durch einen Arzt (Arztpraxis) oder durch einen Laien (Spielcasino) vor Eintreffen des Rettungsdienstes erfolgreich defibrilliert und in einem Sinusrhythmus angetroffen wurde. Bei 7 Patienten (58%, 7/12) musste die Reanimation trotz Defibrillation in auswegloser Situation abgebrochen werden. Von den 5 erfolgreich defibrillierten Patienten konnten 3 (25%, 3/12) das Spital verlassen. Es handelte sich um Patienten, die initial im Kammerflimmern angetroffen wurden und bei welchen die Zeit von Kollaps zur ersten Defibrillation maximal 6 Minuten betrug. Dazu gehörten auch die beiden Patienten mit Erstdefibrillation durch einen Notfallarzt und einen Laien. Der neuro-

logische Zustand war bei allen entlassenen Patienten gut. Ein Drittel der Patienten (3/9), welche durch ein Rettungssanitätsteam erst-

defibrilliert wurden, erreichte lebend das Spital. Davon konnte lediglich 1 Patient, jedoch in gutem neurologischem Zustand, aus dem Spital entlassen werden.

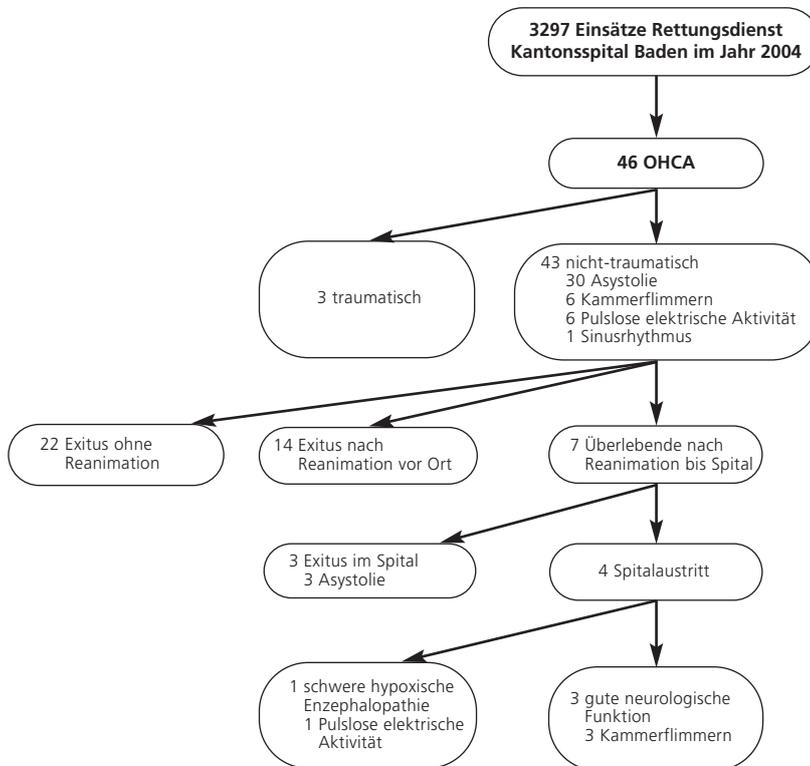


Abbildung 3
Übersicht über 43 Patienten mit nicht-traumatisch bedingtem Kreislaufstillstand ausserhalb des Spitals (Angabe des Rhythmus bei erster Ableitung im EKG).

Tabelle 1
Patientendaten zu nicht-traumatisch bedingtem OHCA im Einzugsgebiet des Kantonsspitals Baden im Jahr 2004.

	nicht-traumatisch bedingter Kreislaufstillstand (n = 43)
Männliches Geschlecht – Anzahl (%)	32 (70)
Durchschnittsalter – Jahre (SD)	64,9 (±14)
	Männer 65,1 (±15)
	Frauen 64,6 (±12)
Beobachtet – Anzahl (%)	20 (47)
Ort des OHCA – Anzahl (%)	
zu Hause	33 (77)
Arbeitsplatz	2 (5)
auf der Strasse	3 (7)
öffentliches Gebäude	3 (7)
Arztpraxis	1 (2)
Rehabilitationsklinik	1 (2)
Mechanische Reanimation durch Bystander – Anzahl (%)	15 (35)
	Laien 8 (19)
	Profis 7 (16)
Mechanische Reanimation durch Rettungsteam – Anzahl (%)	20 (47)
OHCA = Out-of-Hospital Cardiac Arrest.	

Diskussion

«Out-of-Hospital Cardiac Arrest»

Die Überlebensrate bis zum Spitalaustritt bei einem OHCA ist gering. Schätzungen für die Schweiz gehen von 5–13 Überlebenden pro 100 Personen aus [7]. Die häufigste Ursache des Kreislaufstillstands stellt dabei das Kammerflimmern dar [8]. Zur Verbesserung der Überlebensrate bei OHCA wurden in den 1990er Jahren, angeregt durch die «American Heart Association» (AHA), AED entwickelt. Klinische Studien zeigten bis auf wenige Ausnahmen eine sichere Anwendung und eine Verbesserung der Überlebensraten nach OHCA bei Anwendung von AED durch medizinisch speziell ausgebildetes Notfallpersonal [9]. Heutzutage müssen Rettungswagen, Einsatzambulanzen und Krankentransportfahrzeuge in der Schweiz mit einem AED bestückt sein, sofern sie nicht mit manuellen Defibrillatoren ausgerüstet sind und mit entsprechend qualifiziertem Personal in den Einsatz gelangen [10]. Um das Ereignis eines Kreislaufstillstands einheitlich zu dokumentieren und somit Forschungsergebnisse vergleichbar zu machen, wurden 2004 von der Task Force «Cardiac Arrest and Cardiopulmonary Resuscitation Outcomes» (ILCOR) die bisherigen Richtlinien überarbeitet [11]. Diese basieren auf den so genannten Utstein-Style-Definitionen, welche 1991 erstmals publiziert wurden. Es handelt sich dabei um standardisierte Dokumentationsalgorithmen zur Erhebung von vergleichbaren Daten bei Patienten mit OHCA. Als primärer Endpunkt nach Reanimation bei OHCA wurde das Überleben bis Spitalentlassung aus dem Akutspital (Survival to Hospital Discharge [SHD]) festgelegt [12]. Erst sekundär – für die Beurteilung des Erfolgs aber von grosser Bedeutung – wird der neurologische Zustand des Patienten bei Entlassung beurteilt [12].

Überlebenskette – «Chain of Survival»

Das frühere Konzept der so genannten Überlebenskette (Chain of Survival) [9] erlebte ab 2001, angeregt durch Eisenberg et al. [8], eine Renaissance. Die Überlebenskette setzt sich aus einer rasch ablaufenden Sequenz von frühem Zugang (Tel. 144 in der Schweiz), frühem Beginn der kardiopulmonalen Reanimation

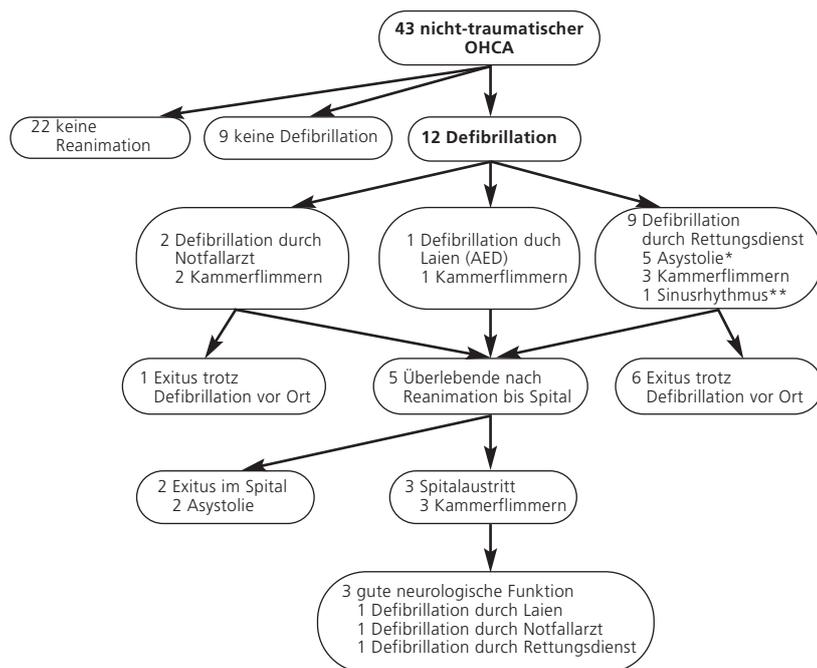


Abbildung 4

Übersicht über 12 elektrisch reanimierte Patienten mit nicht-traumatischem OHCA (Angabe des Rhythmus bei erster Ableitung im EKG).

* Im Verlauf unter mechanischer und medikamentöser Reanimation Wechsel in ein Kammerflimmern.

** Initial ansprechbarer Patient, Kammerflimmern nach Transport in die Ambulanz.

(Basic Life Support [BLS]), früher Defibrillation und früher professioneller Reanimation (Advanced Cardiac Life Support [ACLS]) zusammen. Nur wenn alle vier Schritte der Überlebenskette in rascher Folge abgewickelt werden, besteht eine gute Chance für eine erfolgreiche Reanimation. Die schnellstmögliche Defibrillation ist gemäss diesem Konzept die wichtigste und wirksamste Massnahme im Kampf gegen den plötzlichen Herztod.

Konzept der Defibrillation durch Rettungsdienste

Somit müsste die Bestückung von Ambulanzen mit AED eine deutliche Verbesserung der Überlebendenzahlen nach OHCA mit sich bringen. Tatsächlich konnte die Hospitalisationsrate bei Patienten, die mit einem AED defibrilliert wurden, deutlich gesteigert werden, doch die Anzahl der Überlebenden bis zum Spitalaustritt verbesserte sich leider nicht [13]. Das Hauptproblem stellt dabei erwartungsgemäss die Zeit bis zur ersten Defibrillation dar. Die wenigsten Patienten konnten durch die Rettungsteams innerhalb der «elektrischen Phase» von 3–5 Minuten nach Eintreten eines Kreislaufstillstands erreicht werden [14]. Es wird angenommen, dass eine Defibrillation nur während dieses ersten Zeitraums, in welchem den kardialen Myozyten noch genügend

Reserve an ATP zur anaeroben Energiegewinnung zur Verfügung steht, ohne vorangehende Reanimationsmassnahmen sinnvoll ist. Mehrere Autoren propagieren deshalb eine Sequenz mit mechanischer kardiopulmonaler Reanimation von 1,5–3 Minuten, falls die elektrische Phase des Kreislaufstillstands bereits verstrichen ist [15, 16]. Durch eine Steigerung des koronaren Perfusionsdruckes soll die zelluläre Oxygenation des Herzens als Voraussetzung für eine erfolgreiche Defibrillation verbessert werden. Die Erkenntnis, dass ein akuter Kreislaufstillstand in drei Phasen (elektrische Phase, zirkulatorische Phase, metabolische Phase) eingeteilt werden kann, veranlassten zum Beispiel Hong et al. vor kurzem, eine Überarbeitung der Reanimationsguidelines vorzuschlagen [17]. Demgegenüber steht jedoch die Tatsache, dass selbst in einem bezüglich Frühdefibrillation optimierten Rettungswesen die Anwendung einer erweiterten ersten Hilfe durch paramedizinische Einsatzkräfte sekundär keinen Überlebensvorteil für Betroffene eines OHCA mit sich brachte [13].

Konzept der First-Responder-Defibrillation

Um einen rascheren Zugang zu Patienten mit OHCA im Kammerflimmern oder einer pulslosen Kammertachykardie zu erhalten, wurde der Einsatz von AED durch geschulte, nicht-medizinische Ersthelfer (First Responder) propagiert und gefördert, in der Hoffnung, die Überlebensraten durch Reduktion der Zeit bis zur Abgabe des ersten Schocks zu verbessern. Positive Resultate stammen aus Studien, bei welchen geschulte Laien – wie Sicherheitsdienst-Angestellte in Casinos [18], Flughafen-Personal [19], FlugbegleiterInnen [20, 21] und Polizisten/Feuerwehrleute [22–24] – an Orten mit grossen Menschenakkumulationen und einer dadurch hohen Risikopopulation, einen AED bedienen. In einer neueren europäischen Studie wurde jedoch festgestellt, dass beim Einsatz von AED durch Polizisten und Feuerwehrleute infolge einer zu langen Zeit zwischen Kollaps und Defibrillation keine Erhöhung der Hospitalisationsaustrittsrate nach OHCA resultierte [25]. Der Einsatz von AED durch First Responder erfordert deshalb eine differenzierte Betrachtung. Während die Verzögerung bis zur ersten Defibrillation bei Feuerwehrleuten beziehungsweise Polizisten mit jener von Rettungssanitätsteams vergleichbar ist und die erforderliche Zeit von unter fünf Minuten nur in den seltensten Fällen erreicht wurde [26], kann diese beispielsweise bei Personal in Flugzeugen und in Casinos

deutlich kürzer gehalten werden [18, 20, 21]. Dementsprechend ist die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Defibrillation in dieser Gruppe von First Respondern deutlich höher. Das von uns geschilderte Fallbeispiel und die Datenlage im Kanton unterstützen diese These.

Konzept der Laienfrühdefibrillation – Public-Access-Defibrillation

Alternative Modelle für den Einsatz von AED mussten gesucht werden. Eine Möglichkeit zur Senkung der Zeit bis zur Defibrillation stellt die Anwendung von AED durch freiwillige Laien – die so genannte Public-Access-Defibrillation (PAD) – dar. Tatsächlich zeigten mehrere Untersuchungen zur Frühdefibrillation durch Freiwillige ohne medizinische Grundausbildung, von welchen eine Versorgung von medizinischen Notfällen grundsätzlich nicht erwartet werden kann, erfreuliche Trends zur Senkung der Mortalität bei OHCA [2, 27–29]. Insbesondere durch die Gruppe um Pell aus Schottland, einem Verfechter des Ausbaus der First-Responder-Defibrillation, wird der Laiendefibrillation jedoch weiterhin grosser Widerstand entgegengebracht [30]. Ins Feld geführt wird das Argument, die meisten OHCA würden an Orten geschehen, welche für eine Platzierung von AED per se ungeeignet seien. Ausserdem seien für die Platzierung von AED geeignete öffentliche Orte für den Einsatz medizinischer Rettungskräfte bereits optimal erschlossen. In der bisher umfangreichsten prospektiven Multizenter-Studie zur PAD (The Public Access Defibrillation Trial Investigators [31]) wurde diese Theorie kürzlich jedoch widerlegt. Hallstrom et al. gelang es zu beweisen, dass durch Laienausbildung in kardiopulmonaler Reanimation und Defibrillation die Überlebenschance der Betroffenen eines OHCA erhöht werden kann, was sich in einer signifikanten Verbesserung der Entlassungsrate aus dem Spital ausdrückt [32]. Wichtig erscheint dabei die Frage nach einer gezielten Schulung von Laien in speziellen AED-Kursen. Die meisten dazu publizierten Studien bestätigten den sicheren und effektiven Einsatz von AED und streichen eine Verbesserung des Erfolgs durch Ausbildung der Laien heraus [33–36].

Kosteneffizienz der Public-Access-Defibrillation

Aufgrund der heutigen Problematik zu kostenintensiver Gesundheitssysteme ist die Kosten-Nutzen-Frage bei der Bewertung neuerer medizinischer Techniken wie dem Einsatz öffent-

lich zugänglicher Defibrillatoren von besonderer Bedeutung. Ein befriedigendes Kosten-Nutzen-Verhältnis kann in Anbetracht der hohen Investitionskosten von AED nur an Lokalitäten mit einer hohen Anzahl an OHCA und einer kurzen Verzögerung bis zum Einsatz des AED erreicht werden [37]. Van Alem et al. konnten nachweisen, dass die Kosten bei einem möglichst rasch erfolgten Einsatz nach dem Ereignis aufgrund der dadurch verkürzten Intensivbehandlung am tiefsten sind [38]. Der Standortwahl von AED muss demnach bei Einführung eines PAD-Programms höchste Priorität beigemessen werden. Bereits 1998 evaluierten Becker et al. anhand von Häufigkeitsanalysen zum Auftreten von OHCA ideale Standorte zur Platzierung von AED [39]. In mehreren Studien wurde der Nutzen der Laienfrühdefibrillation an Orten häufiger OHCA mit kurzen Interventionszeiten als ökonomisch attraktiv gewertet [37, 38, 40, 41]. Zu diesen Standorten gehören unter anderem grosse Einkaufszentren, Flughäfen, Spielcasinos, Sportstadien, Bahnhöfe, Konzertsäle, Theater, Fitness-Center, Schwimmbäder, Freibäder und Arztpraxen [10]. Einige Autoren schlugen aufgrund ihrer Datenerhebungen jedoch lediglich Altersheime und Dialyse-Stationen als sinnvolle Standorte für AED vor [42–44]. Aus unserer Erfahrung handelt es sich bei dieser Population um polymorbide Patienten, welche per se eine schlechtere Prognose aufweisen. Es scheint deshalb unter dem Gesichtspunkt der Kosten-Nutzen-Frage mehr als fraglich, ob gerade diese Patientengruppen bevorzugt einer raschen Defibrillation zugänglich gemacht werden sollten. Die Tatsache, dass die Mehrheit der OHCA zu Hause auftreten, wie dies auch in unserem Patientenkollektiv der Fall ist, führte in letzter Zeit zur Diskussion der Platzierung von AED im Eigenheim. Die Datenlage dazu beschränkt sich auf die Frage der Akzeptanz einer solchen Massnahme unter Hochrisiko-Patienten und Ärzten im Rahmen von Interview-Studien. Eine Kosten-Effizienz-Analyse, basierend auf hypothetischen Zahlen in einem Kollektiv mit 60jährigen Patienten, ergab eine Verbesserung der Kosteneffizienz mit zunehmendem Risiko für einen OHCA [45]. Eine nationale amerikanische Studie zur Evaluation der Platzierung von AED im Eigenheim wird gegenwärtig durchgeführt. Bis prospektive Daten vorhanden sind, sollten AED nur bei einem streng selektierten Patientengut mit einem hohen Risiko für einen OHCA (zum Beispiel Patienten mit Kontraindikation für einen internen Defibrillator (ICD), Patienten mit ter-

Abbildung 5
Übersicht der in der Schweiz erhältlichen automatischen externen Defibrillatoren (AED).

Gerätename	Hersteller	Bild
<i>HeartStart Erste Hilfe / HS 1[®]</i>	<i>Philips</i>	
<i>HeartStart FR2+[®], mit und ohne EKG-Anzeige</i>	<i>Philips</i>	
<i>HeartStart FRx[®]</i>	<i>Philips</i>	
<i>AEDPlus[®]</i>	<i>Zoll</i>	
<i>AED Pro[®]</i>	<i>Zoll</i>	
<i>Lifepak[®]CR Plus</i>	<i>Medtronic</i>	
<i>Lifepak[®]500</i>	<i>Medtronic</i>	
<i>AED 10[®]</i>	<i>Welch Allyn</i>	
<i>AED 20[®] (halbautomatisch und manuell)</i>	<i>Welch Allyn</i>	
<i>FirstSave AED G3[®]</i>	<i>Cardiac Science</i>	
<i>PowerHeart AED G3[®]</i>	<i>Cardiac Science</i>	
<i>Powerheart AED G3 automatic[®]</i>	<i>Cardiac Science</i>	
<i>Powerheart AED G3 Pro[®] (halbautomatisch und manuell)</i>	<i>Cardiac Science</i>	
<i>AED FRED easy[®]</i>	<i>Schiller</i>	
<i>AED FRED easyport[®]</i>	<i>Schiller</i>	

Datenquelle: Schweizerische Herzstiftung / Herstellerangaben (publiziert mit freundlicher Genehmigung der Hersteller).

minaler Herzinsuffizienz auf der Transplantationsliste) zu Hause eingesetzt werden.

Die Auswahl von Laien, welche in CPR/Anwendung von AED ausgebildet werden, kann für die Kosteneffizienz entscheidend sein. Gemäss Groeneveld et al. sind tiefe Ausbildungskosten, der Beruf und die Anwesenheit von Hoch-Risiko-Personen (>75jährig, bekannte Herzerkrankung) im gleichen Haushalt von Auszubildenden kosteneffizienter als eine Ausbildung von willkürlich ausgewählten Laien [46]. Weiterhin kontrovers diskutiert wird auch die Frage, ob der Einsatz von AED durch First Responder kostengünstiger sei als derjenige durch Laien im Rahmen eines PAD-Programms. Wie Pell et al. richtigerweise hervorheben, kann diese Frage nur unter Berücksichtigung des lokalen Gesundheitssystems und der vorhandenen geographischbedingten Ressourcen beantwortet werden [47]. In einer kürzlich publizierten Studie wurde der Einsatz von AED durch First Responder in medizinischen Institutionen ländlicher Regionen als wahrscheinlich sinnvollstes Mittel zur Steigerung der Überlebensrate nach OHCA bezeichnet [48]. Allerdings bleiben noch zu viele Fragen offen, um das Thema der Kosteneffizienz eines breiten Einsatzes von PAD abschliessend behandeln zu können.

Situation der Public-Access-Defibrillation in der Schweiz

Die mehrheitlich positiven Ergebnisse zur PAD führten dazu, dass die Frühdefibrillation durch den SRC ebenfalls gefördert wird. In den an die nordamerikanischen und europäischen Empfehlungen angelehnten schweizerischen Richtlinien wird dem Aspekt der Laienfrühdefibrillation Rechnung getragen [49]. Zudem sind Empfehlungen zur Etablierung eines AED-Programms und zur Platzierung von AED, basierend auf dem Risiko und der Wahrscheinlichkeit eines OHCA (öffentliche Plätze mit grossen Menschenansammlungen und einer Wahrscheinlichkeit eines Kreislaufstillstands pro 1000 Personen-Jahre) sowie der Reaktionszeit bis zum Einsatz eines konventionellen Defibrillators enthalten [10]. Leider hat sich in der Schweiz seit Gründung des SRC im Jahr 2001 wenig zur effektiven Senkung der Überlebensrate nach OHCA getan. Einzelne Lichtblicke waren bisher private Unternehmen, welche in Eigenverantwortung AED beschafften und diese, wie unser Fallbeispiel eindrücklich zeigt, erfolgreich einsetzten. In wenigen Gemeinden wurden auch Feuerwehr und Polizei mit AED ausgerüstet. Aufgrund des wenig konzertierten Vorgehens fehlen je-

doch gesamtschweizerische Daten zu Überlebensraten nach OHCA und PAD. Gründe dafür sind einerseits fehlende finanzielle Mittel, zu wenig Werbung bei potenziellen Sponsoren eines PAD-Programms und die bisher fehlende Klarheit über die Kosteneffizienz der PAD. Abbildung 5 gibt eine Übersicht der zurzeit in der Schweiz erhältlichen AED. Die Preise bewegen sich je nach Zusatzfunktionen, Zubehör und Garantiezeit zwischen CHF 3000.– und 6000.–.

Schlussfolgerung

Die Literatur und unsere eigene Erfahrung, mit positivem Ausgang einer Laienfrühdefibrillation, unterstützen die Hypothese/Beobachtung, dass der Einsatz von AED durch Laien einen Überlebensvorteil für Patienten mit einem OHCA darstellt und auch in der Schweiz mehr Verbreitung finden sollte. Dies erfordert eine breite Ausbildung von Laien und die Erschliessung finanzieller Ressourcen zur Platzierung von AED an Orten mit hoher Wahrscheinlichkeit für OHCA. Die Bemühungen müssen darauf abzielen, die Zeit zwischen Kollaps und erster Defibrillation unter die 5-Minuten-Schwelle zu senken.

Dank

Die Autoren danken dem Rettungsdienst des Kantonsspitals Baden und dessen Leiterin Frau E. Meier für die Bereitstellung der Daten. Ein herzlicher Dank geht auch an Frau J. von Arx und der Einsatzleitstelle Aarau (ELS 144) für die Bereitstellung des Kartenmaterials.

Anhang

Glossar

Advanced Cardiac Life Support (ACLS)

Medizinische, notfallmässige Beurteilung und Behandlung von Patienten mit respiratorischen, kardiovaskulären und zerebrovaskulären Erkrankungen. Beinhaltet auch invasive Techniken und Gabe von Medikamenten [Terminologie Swiss Resuscitation Council, Februar 2004].

Automatischer externer Defibrillator (AED)

Batteriebetriebenes Gerät zur automatischen Defibrillation, welches ein Rhythmusanalyse- und ein Schockabgabe-System mit elektronischer Sprachführung beinhaltet. Beim halbautomatischen externen Defibrillator muss der Anwender nach Freigabe der Schockaus-

lösung einen Knopf betätigen (Unterschied zu vollautomatischen externen Defibrillatoren) [Terminologie Swiss Resuscitation Council, Februar 2004].

Basic Life Support (BLS)

Nichtinvasives, notfallmässiges Beurteilen und Behandeln von Patienten mit respiratorischen, kardiovaskulären und zerebrovaskulären Erkrankungen. Beinhaltet auch AED und Alarmierung [Terminologie Swiss Resuscitation Council, Februar 2004].

Glasgow Coma Scale (GCS)

Skala zur Einschätzung einer Bewusstseinsstörung. Einteilung nach drei Rubriken: Augenöffnung (A), beste sprachliche Antwort auf Ansprache (V) und beste motorische (Bewegungs-)Reaktion (M). Die maximale Punktzahl ist 15, die minimale 3 Punkte (mod. nach [50]).

International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR)

Interkontinentales, internationales Expertengremium zur Vereinheitlichung der Guidelines in der Reanimation und der Behandlung von Herz-Kreislauf-Notfällen [Terminologie Swiss Resuscitation Council, Februar 2004].

Out-of-Hospital Cardiac Arrest (OHCA)

Akuter Kreislaufstillstand ausserhalb eines Spitals.

Swiss Resuscitation Council (SRC)

Wissenschaftliches, interdisziplinäres Expertengremium. Befasst sich mit Fragen zur notfallmässigen Behandlung von Patienten mit respiratorischen, kardiovaskulären und zerebrovaskulären Erkrankungen. Verbreitet die internationalen Richtlinien in der Schweiz [Terminologie Swiss Resuscitation Council, Februar 2004].

Helfer bei OHCA

Bystander

Eine Person, welche nicht als Teil eines organisierten Rettungsdienstes einen Kollaps beobachtet. Dies kann ein Laie oder eine medizinische Fachperson sein, solange sie nicht als Teil eines organisierten Rettungsdienstes an der Reanimation eines Patienten beteiligt ist [11].

Rettungssanität

Medizinisch geschulte Personen im Einsatz auf einer Ambulanz, die mit einem Defibrillator ausgerüstet ist. Die schweizerischen Richt-

linien erfordern eine Ausbildung in Defibrillation und Advanced Cardiac Life Support (ACLS) [10].

First Responder

Geschulte, nicht-medizinische Ersthelfer im Einsatz, wie z.B. Feuerwehrleute, Polizisten, Sicherheitsdienst-Angestellte in Casinos, Flughafen-Personal und FlugbegleiterInnen. Sind im Einsatz von automatischen externen Defibrillatoren (AED) geschult [31].

Public Access Defibrillation (PAD) – Laiendefibrillation

Anwendung von automatischen externen Defibrillatoren durch Bystander eines OHCA. Diese freiwilligen Helfer ohne medizinische Grundausbildung, von welchen eine Versorgung von medizinischen Notfällen grundsätzlich nicht erwartet werden kann, sind nicht Teil eines organisierten Rettungsdienstes [31].

Literatur

- 1 Rudner R, Jalowiecki P, Karpel E, Dziurdzik P, Alberski B, Kawecki P. Survival after out-of-hospital cardiac arrests in Katowice (Poland): outcome report according to the "Utstein style". Resuscitation 2004;61:315–25.
- 2 Powell J, Van Ottingham L, Schron E. Public defibrillation: increased survival from a structured response system. J Cardiovasc Nurs 2004;19:384–9.
- 3 State-specific mortality from sudden cardiac death – United States, 1999. MMWR Morb Mortal Wkly Rep 2002;51:123–6.
- 4 Bottiger BW, Grabner C, Bauer H, Bode C, Weber T, Motsch J, et al. Long term outcome after out-of-hospital cardiac arrest with physician staffed emergency medical services: the Utstein style applied to a midsized urban/suburban area. Heart 1999;82:674–9.
- 5 Gaul GB, Gruska M, Titscher G, Blazek G, Havelec L, Marktl W, et al. Prediction of survival after out-of-hospital cardiac arrest: results of a community-based study in Vienna. Resuscitation 1996;32:169–76.
- 6 Nichol G, Detsky AS, Stiell IG, O'Rourke K, Wells G, Laupacis A. Effectiveness of emergency medical services for victims of out-of-hospital cardiac arrest: a metaanalysis. Ann Emerg Med 1996;27:700–10.
- 7 Von Planta M, Osterwalder J. Cardio-Pulmonale Reanimation und Früh-Defibrillation. SAeZ 2001;82:2080–7.
- 8 Eisenberg MS, Mengert TJ. Cardiac resuscitation. N Engl J Med 2001;344:1304–13.
- 9 Cummins RO, Ornato JP, Thies WH, Pepe PE. Improving survival from sudden cardiac arrest: the "chain of survival" concept. A statement for health professionals from the Advanced Cardiac Life Support Subcommittee and the Emergency Cardiac Care Committee, American Heart Association. Circulation 1991;83:1832–47.
- 10 Oechslin E, Bernoulli L, Klemmer U, Malacrida R, Osterwalder J, von Planta M, et al. Defibrillation mit automatischen und halbautomatischen externen Defibrillatoren (AED). SAeZ 2001;82:2088–91.
- 11 Jacobs I, Nadkarni V, Bahr J, Berg RA, Billi JE, Bossaert L, et al. Cardiac arrest and cardiopulmonary resuscitation outcome reports: update and simplification of the Utstein templates for resuscitation registries. A statement for health-care professionals from a task force of the international liaison committee on resuscitation (American Heart Association, European Resuscitation Council, Australian Resuscitation

- tation Council, New Zealand Resuscitation Council, Heart and Stroke Foundation of Canada, InterAmerican Heart Foundation, Resuscitation Council of Southern Africa). Resuscitation 2004;63:233–49.
- 12 Cummins RO, Chamberlain DA, Abramson NS, Allen M, Baskett PJ, Becker L, et al. Recommended guidelines for uniform reporting of data from out-of-hospital cardiac arrest: the Utstein Style. A statement for health professionals from a task force of the American Heart Association, the European Resuscitation Council, the Heart and Stroke Foundation of Canada, and the Australian Resuscitation Council. *Circulation* 1991;84:960–75.
 - 13 Stiell IG, Wells GA, Field B, Spaite DW, Nesbitt LP, De Maio VJ, et al. Advanced cardiac life support in out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 2004;351:647–56.
 - 14 Stotz M, Albrecht R, Zwicker G, Drewe J, Ummenhofer W. EMS defibrillation-first policy may not improve outcome in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2003;58:277–82.
 - 15 Wik L, Hansen TB, Fylling F, Steen T, Vaagenes P, Auestad BH, et al. Delaying defibrillation to give basic cardiopulmonary resuscitation to patients with out-of-hospital ventricular fibrillation: a randomized trial. *JAMA* 2003;289:1389–95.
 - 16 Cobb LA, Fahrenbruch CE, Walsh TR, Copass MK, Olsufka M, Breskin M, et al. Influence of cardiopulmonary resuscitation prior to defibrillation in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. *JAMA* 1999;281:1182–8.
 - 17 Hong MF, Dorian P. Update on advanced life support and resuscitation techniques. *Curr Opin Cardiol* 2005;20:1–6.
 - 18 Valenzuela TD, Roe DJ, Nichol G, Clark LL, Spaite DW, Hardman RG. Outcomes of rapid defibrillation by security officers after cardiac arrest in casinos. *N Engl J Med* 2000;343:1206–9.
 - 19 MacDonald RD, Mottley JL, Weinstein C. Impact of prompt defibrillation on cardiac arrest at a major international airport. *Prehosp Emerg Care* 2002;6:1–5.
 - 20 Page RL, Joglar JA, Kowal RC, Zagrodzky JD, Nelson LL, Ramaswamy K, et al. Use of automated external defibrillators by a U.S. airline. *N Engl J Med* 2000;343:1210–6.
 - 21 Bertrand C, Rodriguez Redington P, Lecarpentier E, Bellaiche G, Michel D, Teiger E, et al. Preliminary report on AED deployment on the entire Air France commercial fleet: a joint venture with Paris XII University Training Programme. *Resuscitation* 2004;63:175–81.
 - 22 Myerburg RJ, Fenster J, Velez M, Rosenberg D, Lai S, Kurlansky P, et al. Impact of community-wide police car deployment of automated external defibrillators on survival from out-of-hospital cardiac arrest. *Circulation* 2002;106:1058–64.
 - 23 White RD, Hankins DG, Bugliosi TF. Seven years' experience with early defibrillation by police and paramedics in an emergency medical services system. *Resuscitation* 1998;39:145–51.
 - 24 Mosesso VN Jr., Davis EA, Auble TE, Paris PM, Yealy DM. Use of automated external defibrillators by police officers for treatment of out-of-hospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med* 1998;32:200–7.
 - 25 van Alem AP, Vrenken RH, de Vos R, Tijssen JG, Koster RW. Use of automated external defibrillator by first responders in out of hospital cardiac arrest: prospective controlled trial. *BMJ* 2003;327:1312.
 - 26 Marengo JP, Wang PJ, Link MS, Homoud MK, Estes NA 3rd. Improving survival from sudden cardiac arrest: the role of the automated external defibrillator. *JAMA* 2001;285:1193–200.
 - 27 Jorgenson DB, Skarr T, Russell JK, Snyder DE, Uhrbrock K. AED use in businesses, public facilities and homes by minimally trained first responders. *Resuscitation* 2003;59:225–33.
 - 28 Caffrey SL, Willoughby PJ, Pepe PE, Becker LB. Public use of automated external defibrillators. *N Engl J Med* 2002;347:1242–7.
 - 29 Capucci A, Aschieri D, Piepoli MF, Bardy GH, Iconomu E, Arvedi M. Tripling survival from sudden cardiac arrest via early defibrillation without traditional education in cardiopulmonary resuscitation. *Circulation* 2002;106:1065–70.
 - 30 Pell JP, Sirel JM, Marsden AK, Ford I, Walker NL, Cobbe SM. Potential impact of public access defibrillators on survival after out of hospital cardiopulmonary arrest: retrospective cohort study. *BMJ* 2002;325:515.
 - 31 Ornato JP, McBurnie MA, Nichol G, Salive M, Weisfeldt M, Riegel B, et al. The Public Access Defibrillation (PAD) trial: study design and rationale. *Resuscitation* 2003;56:135–47.
 - 32 Hallstrom AP, Ornato JP, Weisfeldt M, Travers A, Christenson J, McBurnie MA, et al. Public-access defibrillation and survival after out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 2004;351:637–46.
 - 33 Andre AD, Jorgenson DB, Froman JA, Snyder DE, Poole JE. Automated external defibrillator use by untrained bystanders: can the public-use model work? *Prehosp Emerg Care* 2004;8:284–91.
 - 34 Woollard M, Whitfield R, Smith A, Colquhoun M, Newcombe RG, Vetteer N, et al. Skill acquisition and retention in automated external defibrillator (AED) use and CPR by lay responders: a prospective study. *Resuscitation* 2004;60:17–28.
 - 35 Callejas S, Barry A, Demertsidis E, Jorgenson D, Becker LB. Human factors impact successful lay person automated external defibrillator use during simulated cardiac arrest. *Crit Care Med* 2004;32:S406–13.
 - 36 Wik L, Dorph E, Auestad B, Andreas Steen P. Evaluation of a defibrillator-basic cardiopulmonary resuscitation programme for non medical personnel. *Resuscitation* 2003;56:167–72.
 - 37 Nichol G, Valenzuela T, Roe D, Clark L, Huszti E, Wells GA. Cost effectiveness of defibrillation by targeted responders in public settings. *Circulation* 2003;108:697–703.
 - 38 Van Alem AP, Dijkgraaf MG, Tijssen JG, Koster RW. Health system costs of out-of-hospital cardiac arrest in relation to time to shock. *Circulation* 2004;110:1967–73.
 - 39 Becker L, Eisenberg M, Fahrenbruch C, Cobb L. Public locations of cardiac arrest. Implications for public access defibrillation. *Circulation* 1998;97:2106–9.
 - 40 Cram P, Vijan S, Fendrick AM. Cost-effectiveness of automated external defibrillator deployment in selected public locations. *J Gen Intern Med* 2003;18:745–54.
 - 41 Naess AC, Steen PA. Long-term survival and costs per life year gained after out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2004;60:57–64.
 - 42 Gratton M, Lindholm DJ, Campbell JP. Public-access defibrillation: where do we place the AEDs? *Prehosp Emerg Care* 1999;3:303–5.
 - 43 Fedoruk JC, Currie WL, Gobet M. Locations of cardiac arrest: affirmation for community Public Access Defibrillation (PAD) Program. *Prehospital Disaster Med* 2002;17:202–5.
 - 44 Frank RL, Rausch MA, Menegazzi JJ, Rickens M. The locations of nonresidential out-of-hospital cardiac arrests in the City of Pittsburgh over a three-year period: implications for automated external defibrillator placement. *Prehosp Emerg Care* 2001;5:247–51.
 - 45 Cram P, Vijan S, Katz D, Fendrick AM. Cost-effectiveness of in-home automated external defibrillators for individuals at increased risk of sudden cardiac death. *J Gen Intern Med* 2005;20:251–8.
 - 46 Groeneveld PW, Owens DK. Cost-effectiveness of training unselected laypersons in cardiopulmonary resuscitation and defibrillation. *Am J Med* 2005;118:58–67.
 - 47 Walker A, Sirel JM, Marsden AK, Cobbe SM, Pell JP. Cost effectiveness and cost utility model of public place defibrillators in improving survival after prehospital cardiopulmonary arrest. *BMJ* 2003;327:1316.
 - 48 Portner ME, Pollack ML, Schirk SK, Schlenker MK. Out-of-hospital cardiac arrest locations in a rural community: where should we place AEDs? *Prehospital Disaster Med* 2004;19:352–5; discussion 5.
 - 49 Osterwalder J, Gerecke P, Oechslin E, von Planta M. Neuerungen der ACLS-Richtlinien 2000 im Überblick. *SAeZ* 2002;83:2488–96.
 - 50 Teasdale G, Jennet B. Assessment of coma and impaired consciousness. A practical approach. *Lancet* 1974;2:81–6.