

Kardiopulmonale Reanimation in der Kleintierpraxis

S.N. Hoehne¹, A.P. Kruppert², M. Boller³

¹Departement für klinische Veterinärmedizin, Abteilung für Notfall- und Intensivmedizin, Vetsuisse Fakultät der Universität Bern, Schweiz; ²Departement für klinische Veterinärmedizin, Abteilung für Anästhesie und Schmerztherapie, Vetsuisse Fakultät der Universität Bern, Schweiz; ³Melbourne Veterinary School, Faculty of Veterinary and Agricultural Sciences, The University of Melbourne, Werribee, Victoria 3030, Australia

Zusammenfassung

Das Erleiden eines Herz-Kreislauf- und Atemstillstandes ist das akute Sistieren der Herz-Kreislaufaktivität und der Atmung, welches zu einer mangelnden Sauerstoffversorgung der Gewebe und ohne sofortige Intervention unweigerlich zum Tod des Patienten führt. Kardiopulmonale Reanimation ist die einzige Behandlung für Herz-Kreislaufstillstand. Es gibt mehrere Möglichkeiten, die Reanimationsfähigkeiten eines veterinärmedizinischen Teams zu verbessern und somit die Prognose für Kleintierpatienten mit Herz-Kreislaufstillstand zu optimieren. Im Jahr 2012 führte die Reassessment Campaign on Veterinary Resuscitation (RECOVER) Initiative eine umfassende Literaturrecherche durch und erstellte evidenzbasierte Praxisrichtlinien, die die Grundlage für die Ausbildung und Durchführung der Kleintierreanimation bilden. Durch ein evidenzbasiertes, standardisiertes Vorgehen bei der Kleintierreanimation kann bei bis zu 58% der Patienten eine Rückkehr der spontanen Zirkulation erreicht werden, bis zu 7% der Hunde und 19% der Katzen können lebend aus der Tierklinik entlassen werden. Hunde und Katzen, die einen Herz-Kreislaufstillstand unter Vollnarkose oder Sedation erleiden, haben bessere Überlebenschancen, sodass sich gute Reanimationskenntnisse besonders im peri-anästhetischen Bereich auszahlen. Um jedem Patienten mit Herz-Kreislaufstillstand die bestmöglichen Überlebenschancen zu bieten, ist eine umfassende Reanimationsstrategie erforderlich. Diese beinhaltet Präventions- und Bereitschaftsmaßnahmen, Basismassnahmen wie Herzdruckmassage und Beatmung und erweiterte Massnahmen der Reanimation wie die Optimierung des Patientenstatus durch gezielte medikamentöse Therapie, Herzrhythmusüberwachung und antiarrhythmische Interventionen und die Intensivpflege in der Phase der Reanimationsnachsorge. Diese Übersichtsarbeit fasst die wichtigsten, von der RECOVER Initiative empfohlenen, Reanimations-Praxisrichtlinien für den Kleintierpraktiker zusammen.

Schlüsselwörter: Herz-Kreislaufstillstand, Kleintier, Reanimation, Richtlinien, Wiederbelebung

Small animal cardiopulmonary resuscitation (CPR) in general practice

Cardiopulmonary arrest (CPA) is the acute cessation of systemic perfusion and ventilation. It leads to a lack of tissue oxygen delivery and, if not addressed quickly, will inevitably cause death. Cardiopulmonary resuscitation (CPR) is the only available treatment for CPA and several opportunities exist to improve the veterinary team's resuscitation approach and optimize small animal CPR patient outcomes. In 2012, the Reassessment Campaign on Veterinary Resuscitation (RECOVER) initiative generated evidence-based clinical guidelines to form the basis for training and practice of CPR in dogs and cats. When employing an evidence-based, standardized approach to small animal CPR, return of spontaneous circulation can be achieved in up to 58% of patients and up to 7% of dogs and 19% of cats can be discharged from the veterinary hospital alive. Survival for dogs and cats that suffer CPA is best in patients that suffer a peri-anesthetic arrest, so high quality CPR in the anesthesia patient population is of utmost importance and expected to be the most rewarding. To ensure the best possible outcomes for any patient suffering from CPA and undergoing CPR, a comprehensive resuscitation strategy is necessary, that includes preventive and preparedness measures, basic life support (chest compressions and ventilation), advanced life support (optimization of the patient status by targeted drug therapy, cardiac rhythm monitoring, and defibrillation), and post-cardiac arrest critical care. This article summarizes the most important RECOVER CPR guidelines for the small animal practitioner.

Key words: cardiac arrest, cardiopulmonary resuscitation, cat, dog, RECOVER guidelines

<https://doi.org/10.17236/sat00280>

Eingereicht: 11.08.2020
Angenommen: 07.11.2020

Kardiopulmonale
Reanimation in der
Kleintierpraxis

S. N. Hoehne et al.

Abkürzungen

CO₂: Kohlenstoffdioxid
EtCO₂: Endtidales (endexpiratorisches) CO₂
HKS: Herzkreislaufstillstand
IO: Intraossär
IT: Intratracheal
IV: Intravenös
RECOVER: Reassessment Campaign on Veterinary Resuscitation
ROSC: Wiederherstellung der spontanen Herzkreislaufaktivität (return of spontaneous circulation)

Einleitung

Das Erleiden eines Herzkreislauf- und Atemstillstandes (nachfolgend zusammenfassend Herzkreislaufstillstand (HKS) genannt) bezeichnet das akute Sistieren von Herzkreislaufaktivität und Atmung und stellt eine medizinische Notfallsituation dar. Ohne sofortige therapeutische Intervention führt dieser Zustand zu einer unterbrochenen Sauerstoffversorgung der Gewebe und in Folge ausnahmslos zum Tod des Patienten.²⁶ Das Ziel der kardiopulmonalen Reanimation (Herz-Lungen-Wiederbelebung, nachfolgend als Reanimation bezeichnet) ist es, Organschäden zu minimieren und sowohl Gewebedurchblutung als auch pulmonalen Gasaustausch aufrechtzuerhalten, bis eine spontane Herzkreislauf- und Atemaktivität wieder einsetzt.

Durch adäquate Reanimation ist es bei Menschen je nach Grunderkrankung in bis zu 75% der Fälle möglich, ein Wiedereinsetzen spontaner Herzkreislaufaktivität (return of spontaneous circulation, ROSC) zu erreichen.⁷⁰ Bis zu 37% aller Patienten können zudem nach erlittenem HKS erfolgreich aus dem Krankenhaus entlassen werden.⁷⁰ Im Gegensatz dazu war die Prognose für Hunde und Katzen nach HKS bis vor wenigen Jahren deutlich schlechter mit ROSC Raten von höchstens 40% und Überlebenschancen von unter 10%.^{39,50,97} Ein wichtiger Grund für diese Unterschiede war, dass für Menschen seit den 1960er-Jahren Praxisrichtlinien für das Vorgehen im Falle eines HKS existierten. Richtlinien dieser Art ermöglichen sowohl Laien als auch medizinischem Personal einheitliche Schulungen in Reanimation, was sich positiv auf die Patientenmortalität auswirkt.^{34,87,88} Das Fehlen von Praxisrichtlinien und standardisiertem Reanimationstraining hat in der Kleintiermedizin dagegen zu signifikanter Variabilität in der Durchführung von Reanimationsversuchen geführt, mit grosser Wahrscheinlichkeit zum Nachteil unserer Patienten.^{10,40}

In Anlehnung an die Humanmedizin wurden 2012 die ersten Praxisrichtlinien für Kleintierreanimation von

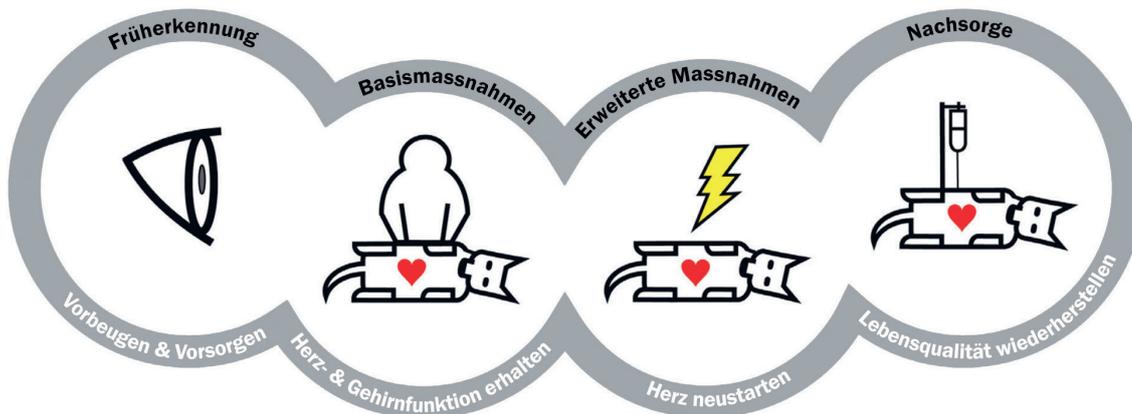
der Reassessment Campaign on Veterinary Resuscitation (RECOVER) Initiative entwickelt und publiziert.²⁷ Die positiven Auswirkungen einer konsequenteren und standardisierten Durchführung der Kleintierreanimation nach RECOVER Praxisrichtlinien werden am Beispiel eines amerikanischen Tierspitals deutlich, welches ROSC Raten von bis zu 58% in Hunden und Katzen und Überlebenschancen von bis zu 19% in Katzen erzielt.^{38,60} Eine japanische Studie die Reanimationserfolge vor der Publikation der RECOVER Praxisrichtlinien mit Erfolgen nach deren Umsetzung vergleicht, beschreibt zudem mit einem RECOVER basierten Reanimationsansatz signifikant höhere ROSC Raten und Überlebenschancen.⁵¹

Hunde und Katzen, die unter Sedation oder Vollnarkose einen HKS erleiden, haben bessere Überlebenschancen als kritisch kranke, multimorbide Patienten.^{37,39,50,60,93} Gute Kenntnisse in Kleintierreanimation lohnen sich also insbesondere in der Kleintierpraxis, wo viele Routineeingriffe an anderweitig gesunden Patienten durchgeführt werden. Vertrautheit mit den RECOVER Praxisrichtlinien gibt betroffenen Patienten die bestmöglichen Chancen auf eine erfolgreiche Genesung.

Die Abteilung für Notfall- und Intensivmedizin des Tierspitals Bern hat im Sommer 2019 eine internetbasierte Befragung der Schweizer Tierärzteschaft zum Thema Kleintierreanimation durchgeführt, deren vollständige Ergebnisse in einer Originalarbeit in dieser Ausgabe des Magazins verfügbar sind. Mit 94% bietet eine grosse Mehrheit der Schweizer Tierärzte Reanimation in ihrem Arbeitsumfeld an und 81% erachten dies als eine wichtige Fähigkeit für den Kleintierpraktiker. Nur etwa ein Viertel der befragten Tierärzte sind mit den internationalen RECOVER Praxisrichtlinien zur Kleintierreanimation vertraut und nur 22% halten sich in der praktischen Durchführung an die von der RECOVER Initiative empfohlenen Reanimationsmassnahmen. Wir nehmen dies zum Anlass, die wichtigsten Aspekte der RECOVER Praxisrichtlinien in dieser Übersichtsarbeit zusammenzufassen.

Kardiopulmonale Reanimation als wichtiges Bindeglied der Überlebenskette

Um die Überlebenschancen nach einem HKS zu erhöhen, ist eine lückenlose Patientenversorgung wichtig. Durch rechtzeitiges und korrektes Einschreiten kann die Prognose des Patienten positiv beeinflusst werden.⁹ Diese Möglichkeiten werden als Bindeglieder der Überlebenskette zusammengefasst und sind in **Abbildung 1** ersichtlich.⁹ Patienten mit erhöhtem Risiko für einen HKS sollten frühzeitig identifiziert und intensiv überwacht werden, um eine Verschlechterung schnellstmög-



Kardiopulmonale
Reanimation in der
Kleintierpraxis

S. N. Hoehne et al.

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Überlebenskette für Kleintiere
Eine kontinuierliche Betreuung ist notwendig, um Patienten mit Herzkreislaufstillstand erfolgreich zu behandeln. Dabei symbolisiert jedes Bindeglied der Überlebenskette eine Gelegenheit, die Überlebenschancen zu verbessern.⁹
Übersetzt mit Erlaubnis des *J Am Vet Med Assoc.* nach *Boller et al., JAVMA (2012) 240:540–554.*

lich zu erkennen und unterstützend eingreifen zu können.^{11,61} Diese präventiven Bemühungen können in der Humanmedizin die Fälle eines tatsächlich eintretenden Herzkreislaufstillstandes reduzieren.⁸⁵ Gute Kenntnisse und korrekte Durchführung der Basis- und erweiterten Massnahmen der Reanimation erhöhen anschliessend die Chancen auf ROSC.^{11,44,80} Als letzter Schritt ist die Postreanimationsphase wichtig, um den Patienten bestmöglich zu stabilisieren und eine Entlassung aus der Tierarztpraxis zu ermöglichen.⁸⁴

Präventionsmassnahmen, Bereitschaft und Früherkennung eines Herzkreislaufstillstandes

Falls ein Patient trotz guter Präventionsmassnahmen einen HKS erleidet, ist es wichtig, diesen sofort zu erkennen und die Reanimation unverzüglich einzuleiten. Mehrere Studien bei Mensch und Kleintier belegen, dass unmittelbares Eingreifen und gute Vorbereitung bei einem HKS mit einer besseren Prognose assoziiert sind.^{37,60,75}

Ausbildung in kardiopulmonaler Reanimation

Das gesamte veterinärmedizinische Fachpersonal einer Praxis sollte regelmässig an Schulungen in Kleintierreanimation teilnehmen. Dabei ist wichtig, dass sowohl theoretisches Wissen, als auch psychomotorische Fähigkeiten verbessert werden.^{15,69} Das Praxisteam sollte mindestens alle 6 Monate ein Reanimationstraining absolvieren, um die erlernten Fähigkeiten immer wieder aufzufrischen.^{48,65} Des Weiteren sollte nach jedem Reanimationsversuch in der Praxis eine strukturierte Nach-

besprechung durchgeführt werden. Dies kann die Teamleistung bei zukünftigen Reanimationen verbessern und gleichzeitig als Auffrischung dienen.^{20,24}

Notfallwagen und kognitive Hilfsmittel

Neben gut ausgebildetem Fachpersonal ist es auch wichtig, dass Reanimationshilfsmittel verfügbar und einfach zugänglich sind. Dazu gehören ein gut ausgerüsteter Notfallwagen oder eine Notfallstation und kognitive Hilfsmittel wie Reanimationsalgorithmen und Tabellen mit Medikamentendosierungen. Ein Notfallwagen sollte alle zur Reanimation benötigten Medikamente und medizinisches Zubehör beinhalten. Dieser muss regelmässig gewartet werden, um sicherzustellen, dass die Gerätschaften einsatzbereit und die Medikamente vorhanden und nicht abgelaufen sind. Kognitive Hilfsmittel verbessern nachweislich die Einhaltung von Reanimationsrichtlinien und die Reanimationsqualität. Diese sollten daher gut sichtbar in der Praxis angebracht sein.^{61,79}

Notfallwagen oder Notfallstationen und kognitive Hilfsmittel sollten überall dort in der Praxis zugänglich sein, wo ein HKS eintreten könnte, zum Beispiel im Bereich der Narkoseeinleitung, im Operationssaal und im Aufwachraum.

Diagnose des Herzkreislaufstillstandes

Die Diagnose HKS sollte rasch gestellt werden, um den Beginn der überlebensnotwendigen Reanimation nicht zu verzögern. Die dazu nötige Patientenevaluation umfasst eine kurze klinische Untersuchung, welche nicht mehr als 10–15 Sekunden dauert und sich auf freie Atemwege, Atemaktivität und Herzkreislaufaktivität (airway, breathing, circulation; ABC) konzentriert. Das Vorliegen von Bewusstseinsverlust und Apnoe sind ausreichend für die Diagnose eines HKS am nicht anästhe-

Kardiopulmonale Reanimation in der Kleintierpraxis
S. N. Hoehne et al.

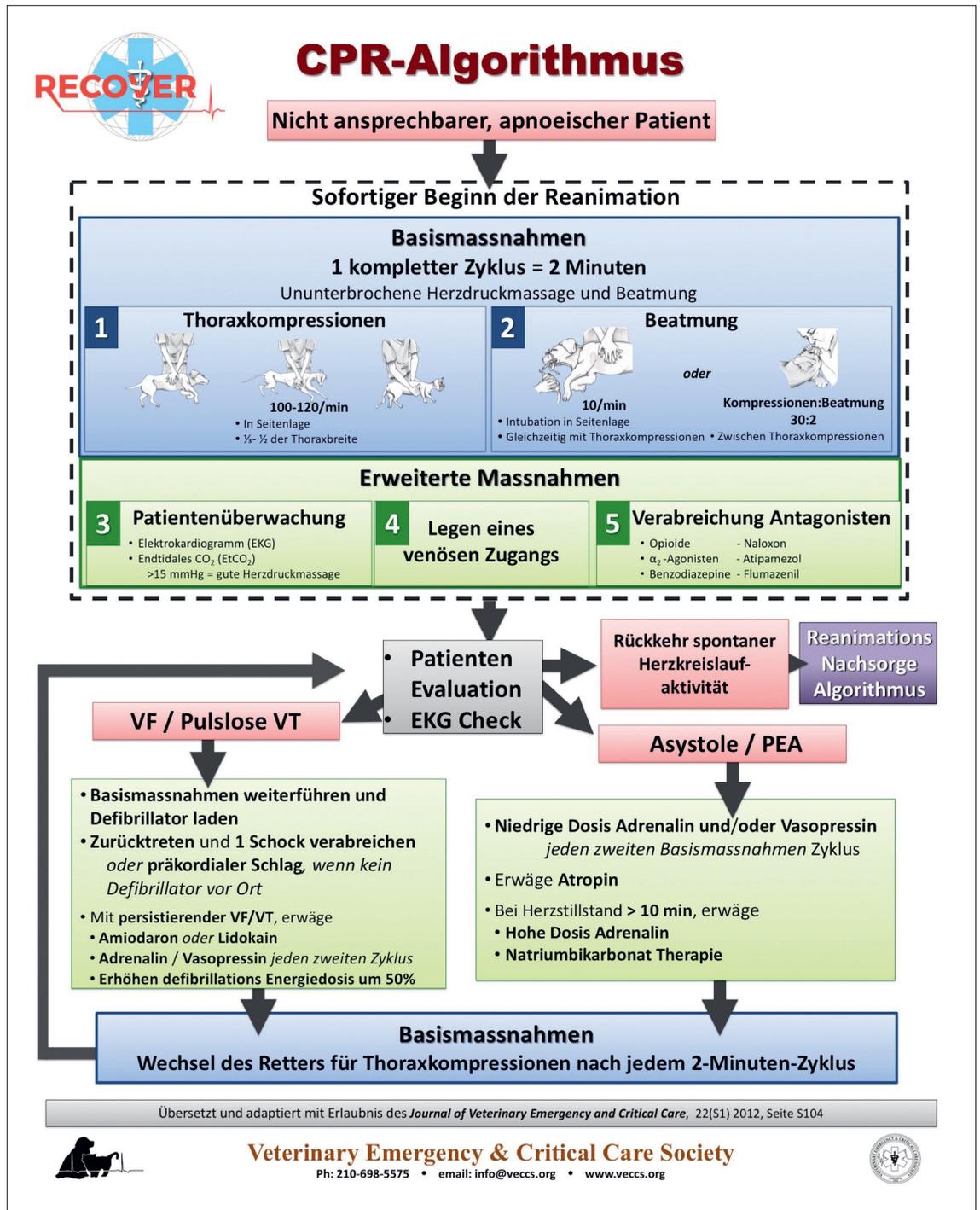


Abbildung 2: Algorithmus zur Kleintierreanimation

Das Diagramm fasst die wichtigsten Praxisrichtlinien zur Versorgung des Patienten mit Herz-Kreislaufstillstand zusammen. Der gestrichelten Linie ist die korrekte Abfolge von Basismassnahmen und erweiterten Massnahmen zu entnehmen, die bei jedem Patienten mit Herz-Kreislaufstillstand eingeleitet werden sollen: 1) Herzdruckmassage, 2) Beatmung, 3) Anbringen von Überwachungsmonitoren, 4) Legen eines venösen Zugangs, 5) Verabreichen von Antagonisten, falls Sedativa oder Anästhetika verabreicht wurden. Darauf folgt eine Schleife von 2-Minuten-Zyklen der Reanimation an deren Ende der Patient reevaluiert wird und ein Wechsel des Retters für Thoraxkompressionen erfolgt. Patienten deren Evaluation einen nicht-defibrillierbaren Arrestrhythmus ergibt, werden mit einem weiteren 2-Minuten-Zyklus von Thoraxkompressionen, Vasopressoren und allenfalls Anticholinergika behandelt. Patienten mit einem defibrillierbaren Arrestrhythmus müssen bevorzugt elektrisch defibrilliert, oder falls kein Defibrillator vorhanden ist mit einem präkordialen Faustschlag behandelt werden. PEA=pulslose elektrische Aktivität; VF=ventrikuläre Fibrillation; VT=ventrikuläre Tachykardie.²⁷

Übersetzt mit Erlaubnis des *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)* nach Fletcher et al., *JVECC (2012) 22:S102-S131*.

sierten Tier und sollte zum sofortigen Beginn der Reanimation führen.^{26,27} Puls palpation ist eine unzuverlässige Massnahme zur Diagnose eines HKS. Sowohl durch Puls palpation als auch durch Thoraxauskultation besteht die Gefahr wertvolle Zeit zu verlieren.¹⁹ Jegliche Verzögerung von Reanimationsmassnahmen kann sich negativ auf die Patientenprognose auswirken und die Risiken einer unnötigen Reanimation sind gering im Vergleich zu den Risiken verzögerter Hilfeleistung.⁶⁰ Im Zweifelsfall sollte daher immer mit Reanimationsmassnahmen begonnen werden.

Im Gegensatz zum wachen Tier können Bewusstseinsverlust und Apnoe am anästhesierten Patienten nicht verlässlich zur Diagnosestellung eines HKS herbeigezogen werden. Während der Anästhesie sollte man sich auf die gelieferten Informationen von EKG, Kapnometrie und arteriellem Blutdruck verlassen.

Übersicht der Reanimationsmassnahmen

Sobald ein HKS festgestellt wird, ist es wichtig, um Hilfe zu rufen und dann schnellstmöglich mit der Reanimation zu beginnen. Kardiopulmonale Reanimationsmassnahmen lassen sich in zwei Aspekte gliedern, 1) **Basismassnahmen** und 2) **erweiterte Massnahmen** der Reanimation.

Die Basismassnahmen der Reanimation haben zum Ziel, die Gewebedurchblutung und den pulmonalen Gasaustausch aufrechtzuerhalten. Sie setzen sich aus Herzdruckmassage durch Thoraxkompressionen, dem Freimachen und Sichern der Atemwege und der manuellen Beatmung zusammen. Qualitativ hochwertige Thoraxkompressionen zur Aufrechterhaltung des Blutflusses sind die allerwichtigste Massnahme für eine erfolgreiche Reanimation, gefolgt von der Beatmung.

Diese Basismassnahmen werden während des gesamten Reanimationsversuches aufrechterhalten. Sobald genügend Retter vor Ort sind, werden parallel dazu erweiterte Massnahmen der Reanimation eingeleitet, um die Überlebenschancen des Patienten zu erhöhen. Diese beinhalten das Anbringen von Überwachungsmonitoren, das Legen eines Gefässzuganges (falls nicht bereits vorhanden), unterstützende medikamentelle Therapie und, falls indiziert, elektrische Defibrillation. Erweiterte Massnahmen der Reanimation sollten die Weiterführung der Basismassnahmen nie behindern.

Im Algorithmus der **Abbildung 2** sind die wichtigsten Basis- und erweiterten Massnahmen der Kleintierreanimation zusammengefasst.

Basismassnahmen der Reanimation

Herzdruckmassage

Eine gut ausgeführte Herzdruckmassage kann während eines HKS den Blutfluss aufrechterhalten und Organschäden vermindern. Sowohl in der Humanmedizin als auch in der Veterinärmedizin konnte mehrfach belegt werden, dass sich Überlebenschancen verbessern, wenn die Herzdruckmassage schnellstmöglich begonnen wird.^{6,31,35,37,60,94} Die Herzdruckmassage wird am geschlossenen Thorax durch externe Thoraxkompressionen und bei offenem Thorax (z. B. intraoperativ) durch direkte Kompression der Ventrikel durchgeführt. Nachfolgend soll nur auf die Technik der viel häufiger durchgeführten Thoraxkompressionen eingegangen werden.

Selbst durch ausgezeichnete Thoraxkompressionen kann nur etwa 25 bis 40% des normalen Herzzeitvolumens erzeugt werden.^{58,91,95} Suboptimal durchgeführte Kompressionen erzeugen vermutlich noch schlechtere Resultate. Die richtige Körperhaltung und Technik, um die Effizienz der Thoraxkompressionen zu maximieren, ist daher von grösster Wichtigkeit.

Körperhaltung des Retters

Um vorschneller Ermüdung vorzubeugen und die bestmögliche Kompressionskraft aufrechtzuerhalten, wird vom Retter eine Körperhaltung eingenommen, die es erlaubt, die Rumpfmuskulatur anstelle der rasch ermüdenden Armmuskulatur einzusetzen. Beide Hände sollten einen fokalen Kompressionspunkt auf dem Thorax des Patienten bilden, indem die Finger ineinander verzahnt werden. Hände, Ellenbogen und Schultern sollten sich in einer geraden Linie übereinander befinden, wobei die Ellenbogen fixiert sind und sich nicht beugen (**Abbildung 3**).²⁶ Falls sich der Patient auf einem höheren Tisch befindet und das Durchstrecken der Ellenbogen nicht möglich ist, sollte sich der Retter auf einen Stuhl oder Hocker stellen oder den Patienten auf den Boden umlagern.²⁶

Patientenlagerung und Technik

Die wenigen verfügbaren Studien bei Kleintieren deuten darauf hin, dass die effizienteste Thoraxkompression erreicht wird, wenn sich Patienten in Seitenlage befinden. Die **Kompressionstiefe sollte $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der Thoraxbreite** betragen und unabhängig von der Tierart oder -grösse ist eine Kompressionsrate von **100 bis 120 Kompressionen pro Minute** anzustreben.^{39,58,98}

Es sollte sichergestellt werden, dass sich der Patient auf einer festen Unterlage befindet, da eine zu weiche Lagerung die Effizienz der Thoraxkompressionen vermindern kann. Um eine adäquate Kompressionsfrequenz aufrechtzuerhalten, können visuelle oder akustische Taktmesser eingesetzt werden (z. B. blinkende Lichtquelle, Metronom

Kardiopulmonale
Reanimation in der
Kleintierpraxis

S. N. Hoehne et al.

Kardiopulmonale
Reanimation in der
Kleintierpraxis

S. N. Hoehne et al.

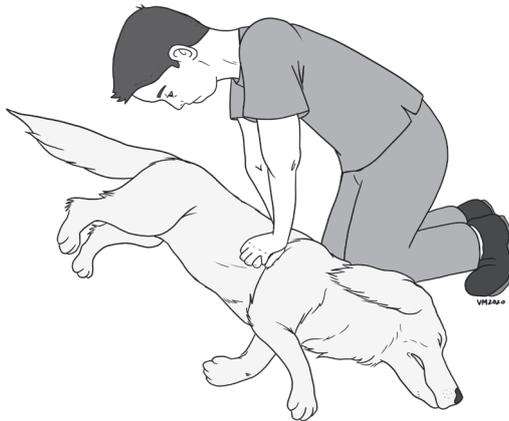


Abbildung 3: Korrekte Körperhaltung des Retters zur Ausführung von Thoraxkompressionen beim Kleintier
Thoraxkompressionen sind am einfachsten auszuführen, wenn sich der Retter hinter dem Patienten befindet, da dies das Wegrutschen des Patienten verhindert. Kompressionen werden unter Einsatz der Rumpfmuskulatur ausgeführt, dabei bleiben die Ellenbogen gestreckt. Schultern, Ellenbogen und Hände bilden eine gerade Linie. Beide Hände werden übereinandergelegt und bilden einen fokalen Kompressionspunkt auf dem Thorax des Patienten.

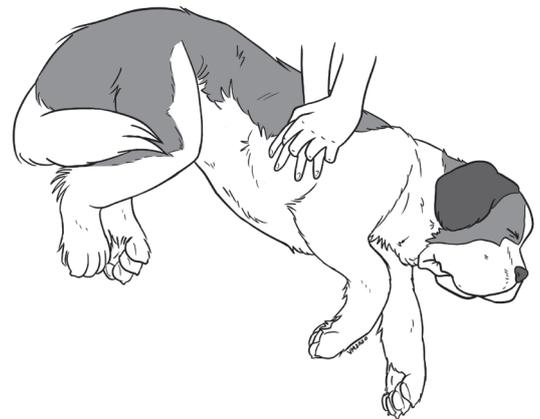


Abbildung 4: Korrekte Handposition für Thoraxkompressionen bei mittelgrossen- bis grossen Hunden mit runder Thoraxform
Thoraxkompressionen werden am höchsten Punkt des lateralen Thorax ausgeführt. Dabei kann sich der Patient in rechter oder linker Seitenlage befinden.

oder mentales oder lautes Singen von Liedern mit einem Tempo von 100 bis 120 Schlägen pro Minute).^{26,53,101}

Zwischen einzelnen Thoraxkompressionen muss das Abstützen auf den Patienten unbedingt vermieden werden. Wenn sich der Thorax während der Dekompressionsphase nicht in seine ursprüngliche Form ausdehnen kann, erhöht sich der intrathorakale Druck, was den venösen Rückfluss und damit die überlebenswichtige Zerebral- und Koronardurchblutung herabsetzt.^{99,102}

Thoraxkompressionen werden in **Zyklen von jeweils 2 Minuten** durchgeführt. Pausen sollten dabei auf ein Minimum reduziert werden, denn Unterbrechungen des Blutflusses sind mit schlechteren Überlebenschancen assoziiert.^{23,30,52} Eingriffe wie die Intubation des Patienten oder erweiterte Massnahmen der Reanimation werden daher, wenn immer möglich, unter Weiterführung der Thoraxkompressionen durchgeführt. Nach Ablauf eines jeden 2-Minuten-Zyklus wird der Patient reevaluiert. Die Evaluation beinhaltet die Pulspalpation und Interpretation des EKGs und sollte nur in der wenige Sekunden andauernden Pause zwischen zwei Kompressionszyklen vorgenommen werden. Nach der Patientenevaluation wird die Herzdruckmassage für einen erneuten 2-Minuten-Zyklus von einem anderen Retter übernommen, um eine ermüdungsbedingte Reduktion der Thoraxkompressionsqualität zu vermeiden.

Korrekte Handposition

Die Physiologie der Zirkulation während der Reanimation unterscheidet sich wesentlich von der der sponta-

nen Herzkreislaufaktivität. Es werden zwei unterschiedliche Modelle postuliert, um den Blutfluss durch Thoraxkompressionen zu beschreiben.¹⁶ Der «cardiac pump» Theorie zufolge kann durch Thoraxkompressionen eine direkte Kompression der Ventrikel zwischen den beiden lateralen Rippenbögen oder zwischen dem Sternum und der Wirbelsäule erreicht werden. Dies erhöht den intraventrikulären Druck, öffnet die Pulmonal- und Aortenklappe, und generiert somit Blutvorwärtsfluss. Im Gegensatz dazu kommt der Blutfluss gemäss der «thoracic pump» Theorie durch eine gesamtliche Erhöhung des intrathorakalen Druckes während der Thoraxkompression zustande. In den wenig nachgiebigen grossen Arterien wird dadurch der Druck erhöht, während er in den dehnungsfähigen grossen Venen niedrig bleibt. Durch die arteriovenöse Druckdifferenz kommt ein Blutvorwärtsfluss zustande und das Herz fungiert nach dieser Theorie lediglich als passive Leitungsführung. Die optimale Handposition für Thoraxkompressionen hängt von der Grösse und Thoraxform des einzelnen Patienten ab und lässt sich aus diesen zwei Modellen ableiten.²⁷

Für mittelgrosse- bis grosse Hunde mit runder Thoraxform (z.B. Labrador Retriever, Rottweiler) wird der Blutfluss vermutlich grösstenteils durch eine Erhöhung des intrathorakalen Druckes generiert. Um diesen zu maximieren, sollten Thoraxkompressionen bei diesen Patienten in Seitenlage über dem höchsten Punkt des lateralen Thorax ausgeführt werden (siehe **Abbildung 4**). Im Gegensatz dazu ist es bei Hunden mit keilförmigem Thorax (z.B. Dalmatiner, Windhunde) wahrscheinlich

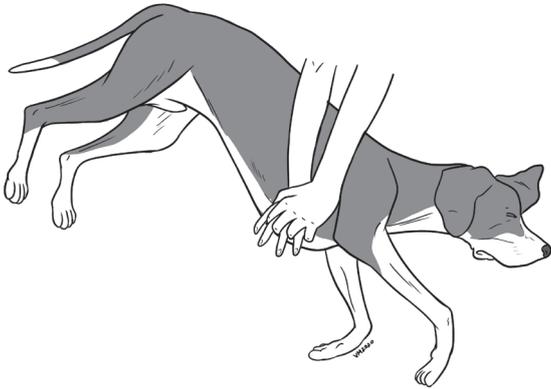


Abbildung 5: Korrekte Handposition für Thoraxkompressionen bei mittelgrossen- bis grossen Hunden mit keilförmigem Thorax

Thoraxkompressionen werden direkt über dem Herzen ausgeführt. Dabei kann sich der Patient in rechter oder linker Seitenlage befinden.

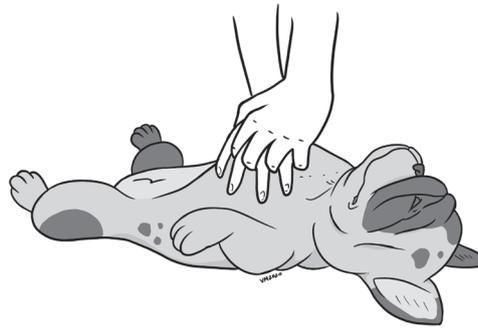


Abbildung 6: Korrekte Handposition für Thoraxkompressionen bei Hunden mit ventrodorsal abgeflachtem Thorax

Thoraxkompressionen werden in Dorsallage über dem Sternum ausgeführt.

möglich, eine Kompression der Ventrikel zwischen den Rippenbögen zu erzielen. Thoraxkompressionen sollten daher direkt über derjenigen Stelle ausgeführt werden, an der anatomisch das Herz erwartet wird (siehe **Abbildung 5**). Bei Hunden mit ventrodorsal abgeflachtem Brustkorb (z. B. Bulldoggen) können Thoraxkompressionen in Rückenlage über dem Sternum ausgeführt werden (gezeigt in **Abbildung 6**).

Kleine Hunde und Katzen haben eine weniger steife Thoraxwand, und eine direkte Kompression der Ventrikel durch Thoraxkompressionen direkt über dem Herzen sollte angestrebt werden. Kompressionen bei kleinen Hunden und Katzen können, wie bei mittelgrossen- bis grossen Hunden oben beschrieben, mit einer zehnhändigen Technik durchgeführt werden. Alternativ kann man bei sehr kleinen Tieren eine einhändige Technik anwenden. Bei dieser wird, wie in **Abbildung 7** gezeigt, die komprimierende Hand ventral um das Sternum des Patienten gelegt und mit dem Handballen die Kompression ausgeführt. Die nicht-dominante Hand kann dorsal zur Stabilisierung des Patienten dienen.

Sichern der Atemwege und Beatmung

Langandauernde Hypoxämie und Hyperkapnie können die Überlebenschancen der Patienten vermindern und sollten unbedingt vermieden werden.^{47,100} Sobald die Herzdruckmassage begonnen wurde, sollten Patienten daher schnellstmöglich auch beatmet werden. Grundsätzlich kann zwischen Beatmungsstrategien des intubierten und des nicht-intubierten Patienten unterschieden werden.

Beatmung des intubierten Patienten

Nur der intubierte Patient lässt sich ohne Unterbrechung der Thoraxkompressionen effizient beatmen. Stehen ein Endotrachealtubus, Laryngoskop und mindestens zwei Personen zur Reanimation zur Verfügung, sollte daher jeder Patient mit HKS intubiert werden.^{27,45} Um Unterbrechungen des Blutflusses zu vermeiden, werden Patienten wenn immer möglich in Seitenlage und unter Fortführung der Thoraxkompressionen intubiert. Die Intubation in Seitenlage kann einige Übung erfordern und es ist für jeden Tierarzt und tiermedizinischen Praxisassistenten empfehlenswert, diese gelegentlich an Patienten, welche für Routineeingriffe intubiert werden, zu trainieren. Es ist allerdings entscheidend wichtig, dass die endotracheale Intubation korrekt erfolgt und eine kurze Umlagerung in Sternallage kann daher in Patienten mit herausfordernder Anatomie der oberen Atemwege (z. B. brachycephale Patienten, Katzen) nötig sein.

Sobald der Patient erfolgreich intubiert ist, wird die Tubusmanschette aufgeblasen und der Tubus mit Gauze fixiert (z. B. hinter den Ohren oder am Oberkiefer). Die positive Druckbeatmung sollte dann mittels eines Ambubeutels mit **10 Atemstössen pro Minute** durchgeführt werden. Ein Atemzugvolumen von ungefähr **10 ml/kg** über eine Inspirationszeit von **1 Sekunde** ist anzustreben.^{27,44} Wenn die Möglichkeit zur zusätzlichen Sauerstoffgabe besteht, sollte der Patient mit **100% Sauerstoff** beatmet werden.^{27,44}

Eine Hyperventilation des Patienten sollte unbedingt vermieden werden. Die dadurch entstehende arterielle

Kardiopulmonale
Reanimation in der
Kleintierpraxis

S. N. Hoehne et al.



Abbildung 7: Technik der einhändigen Thoraxkompressionen bei Katzen und sehr kleinen Hunden
Die Hand wird ventral um das Sternum des Patienten gelegt und der Handballen zur Kompression benutzt.

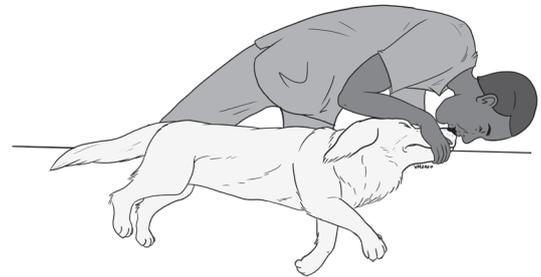


Abbildung 8: Mund-zu-Schnauze Atemspende am nicht-intubierten Patienten
Der Retter kniet hinter dem Patienten, beugt sich zur Atemspende zu dessen Kopf hinunter und streckt diesen, um die Atemwege des Tieres nicht abzuknicken. Die Schnauze des Patienten wird mit einer Hand fest umschlossen, der Mund des Retters umschließt die Nasenlöcher des Patienten. Zwei Atemstöße werden dann in rascher Folge appliziert und danach die Thoraxkompressionen sofort wieder aufgenommen.

Hypokapnie führt zu einer zerebralen Vasokonstriktion und kann die Gehirndurchblutung und damit die Erfolgchancen der Reanimation herabsetzen. Des Weiteren wird der intrathorakale Druck bei der Applikation eines jeden positiven Atemstosses erhöht, was die Effizienz der Thoraxkompressionen beeinträchtigt.^{3,26,27}

Beatmung des nicht-intubierten Patienten

Steht kein Endotrachealtubus oder nur eine ungenügende Anzahl von Rettern zur Verfügung, kann eine Mund-zu-Schnauze Atemspende durchgeführt werden. Dazu wird der Patient in Seitenlage belassen, während Thoraxkompressionen zur Verabreichung der Atemstöße zwingend unterbrochen werden müssen. Es werden jeweils **30 Thoraxkompressionen** durchgeführt (mit einer Frequenz von 100 bis 120 pro Minute wie oben beschrieben), gefolgt von **2 Atemstößen in rascher Folge, gefolgt von sofortiger Wiederaufnahme der Thoraxkompressionen**. Die Sequenzen von alternierenden 30 Thoraxkompressionen und 2 Atemstößen werden für einen vollen 2-Minuten-Zyklus aufrechterhalten. Nach Ablauf der zwei Minuten wird der Patient reevaluiert und falls nötig ein weiterer 2-Minuten-Zyklus von 30:2 Reanimation begonnen.^{27,44} Um Atemstöße effizient zu verabreichen muss der Retter die Schnauze des Patienten fest umschließen und seinen Mund so um dessen Nasenlöcher legen, dass ein luftdichter Verschluss entsteht (**Abbildung 8**). Dabei sollte der Kopf des Patienten auf dem Boden belassen und der Nacken ausgestreckt werden, um ein Abknicken der Atemwege zu verhindern.²⁶ Der Atemstoß wird dann durch kräftiges Einblasen von Luft in die Nasenlöcher appliziert, bis sich der Thorax des Patienten sichtbar er-

hebt. Ein zweiter Atemstoß wird unmittelbar nach dem ersten verabreicht und die gesamte Beatmungszeit bis zur Wiederaufnahme der Thoraxkompressionen sollte weniger als 5 Sekunden betragen.

Alternativ zur Mund-zu-Schnauze Atemspende kann der nicht-intubierte Patient mit einer eng anliegenden Gesichtsmaske beatmet werden (siehe **Abbildung 9**). Dabei gilt zu beachten, dass die Gummimembran der Gesichtsmaske die kompletten Lippen eng umschließt und die Maske mit beiden Händen in Position gehalten wird, damit eine effiziente Verabreichung des Atemstosses gewährleistet werden kann.⁴⁵ Auch die Beatmung mittels Gesichtsmaske wird im Verhältnis von 30:2 Thoraxkompressionen zu Atemstößen durchgeführt und die Thoraxkompressionen müssen zur Beatmung unterbrochen werden. Da es durch undichte Masken zu ungenügender Oxygenation des Patienten kommen kann, sollte die Beatmung mittels Gesichtsmaske mit 100% Sauerstoff erfolgen.⁴⁵

Erweiterte Massnahmen der Reanimation

Erweiterte Reanimationsmassnahmen werden dann begonnen, wenn alle Basismassnahmen bereits ausgeführt werden und sollen diese nicht behindern.

Patientenüberwachung Elektrokardiogramm (EKG)

Das frühe Anbringen eines EKGs während der Reanimation ist sehr wichtig, da der zugrunde liegende Herz-

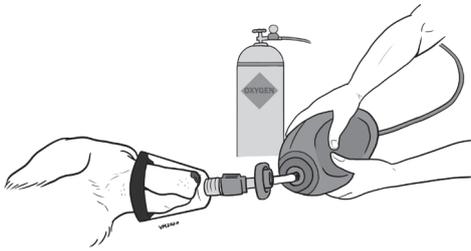


Abbildung 9: Beatmung des nicht-intubierten Patienten mittels enganliegender Gesichtsmaske und Ambubeutel. Um einen luftdichten Schluss und effiziente Beatmung zu gewährleisten muss die Gummimembran der Gesichtsmaske die gesamten Lippen des Patienten miteinbeziehen.

rhythmus des Patienten die optimalen weiterführenden Reanimationsmassnahmen diktiert (siehe Algorithmus in **Abbildung 2**). Kardiale Arrestrhythmen können in zwei Kategorien unterteilt werden: nicht-defibrillierbare und defibrillierbare Rhythmen (siehe **Abbildung 10**). Zu den nicht-defibrillierbaren Rhythmen gehören Asystole und pulslose elektrische Aktivität (PEA). Defibrillierbare Arrestrhythmen beinhalten pulslose ventrikuläre Tachykardie (PVT) und ventrikuläre Fibrillation (VF). Nach erfolgter EKG Diagnose wird sofort die Herzdruckmassage wieder aufgenommen. Zusätzlich werden Patienten mit nicht-defibrillierbaren Rhythmen durch medikamentelle Therapie unterstützt und jene mit defibrillierbaren Rhythmen elektrisch defibrilliert.^{27,80}

Aufgrund der Störungsanfälligkeit kann ein EKG nur interpretiert werden, wenn keine Thoraxkompressionen stattfinden. Die Ableitungen sollten nur dann evaluiert werden, wenn ein 2-Minuten-Zyklus der Herzdruckmassage zu Ende ist und durch den Wechsel des Retters die Thoraxkompressionen sowieso unterbrochen werden müssen. Die PEA kann sich auf dem EKG wie ein Sinusrhythmus darstellen, der Herzmuskel ist aber nicht in der Lage, das elektronische Signal in eine effektive Muskelkontraktion umzuwandeln und es wird daher kein Blutfluss und kein palpierbarer Puls generiert. Um PEA korrekt zu diagnostizieren, ist es daher wichtig, während der Unterbrechung der Thoraxkompressionen nicht nur das EKG zu evaluieren, sondern auch den Puls zu palpieren.

Die häufigsten Arrestrhythmen beim Kleintier sind die nicht-defibrillierbare Asystole und PEA. Defibrillierbare

Rhythmen machen jeweils nur 21% beim Hund und 16% bei der Katze aus.³⁸ Sollte kein EKG in der Praxis vorhanden sein, ist es akzeptabel von einem nicht-defibrillierbaren Rhythmus auszugehen und zusätzlich zu den Reanimationsbasismassnahmen empirisch medikamentelle Therapie zu verabreichen (siehe unten).³⁸

Endexpiratorisches (endtidales) CO₂

Endexpiratorisches CO₂ (EtCO₂) kann mittels Kapnometrie oder Kapnografie kontinuierlich und nicht-invasiv gemessen werden, wobei der resultierende Wert sowohl vom Herzminutenvolumen, als auch vom Atemminutenvolumen abhängt. Bei konstanter Beatmung kann EtCO₂ während der Reanimation daher wichtige Informationen zum Blutvorwärtsfluss und der Effizienz der Herzdruckmassage liefern.^{11,27} Ein EtCO₂ von **mindestens 15 mmHg** ist ein Indiz für qualitativ akzeptable Thoraxkompressionen und sollte als Minimalwert angestrebt werden^{38,39,41}. Falls dieser Wert nicht erreicht wird, muss unbedingt versucht werden, die Thoraxkompressionen zu verbessern oder andere Gründe für einen tiefen Wert (z. B. Fehlintubation, Hypovolämie, Pneumothorax, etc.) auszuschliessen. Beim Eintreten von ROSC ist zu erwarten, dass das EtCO₂ parallel zum Blutfluss plötzlich signifikant ansteigt. Eine rasche Zunahme des EtCO₂ kann somit ein wertvoller Hinweis sein, dass spontane Herzkreislaufaktivität vorhanden ist.⁸²

Pulsoximetrie und Blutdruckmessungen

Sowohl Pulsoximeter als auch oszillometrische und Ultraschall-Doppler basierte Blutdruckmessgeräte sind während der Reanimation nicht von Nutzen. Aufgrund der Bewegungsartefakte und ungenügendem Pulsdruck liefern sie keine zuverlässigen Messdaten. Da sie Retter von wichtigeren Massnahmen ablenken können, sollte von ihrer Nutzung während der Reanimation abgesehen werden. Sind sie zum Zeitpunkt des HKS bereits am Tier im Einsatz (z. B. unter Vollnarkose) können sie belassen werden und liefern ab Eintreten von ROSC wieder wertvolle Daten, die der weiteren Patientenstabilisierung dienen können.

Medikamentelle Therapie

Die medikamentelle Therapie von Patienten mit HKS hängt von deren Arrestrhythmen und Vorbehandlungen ab. Nicht-defibrillierbare Rhythmen sind mit Vasopressoren und gegebenenfalls mit Anticholinergika zu behandeln, während Patienten mit defibrillierbaren Rhythmen eventuell von Antiarrhythmika profitieren. Je nach Anamnese und Vorbehandlung können auch Sedationsantagonisten, intravenöse Flüssigkeitsboli oder eine alkalinisierende Therapie indiziert sein (siehe unten). **Tabelle 1** fasst häufig gebrauchte Medikamente und Dosierungen zusammen.

Verbreichungsarten von Medikamenten

Medikamente werden während der Reanimation bevorzugt intravenös (IV) oder intraossär (IO) verabreicht,

Kardiopulmonale Reanimation in der Kleintierpraxis

S. N. Hoehne et al.

Kardiopulmonale
Reanimation in der
Kleintierpraxis

S. N. Hoehne et al.

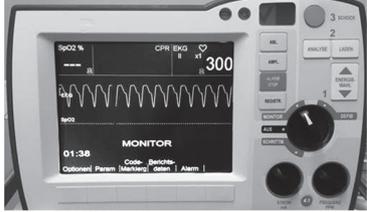
<h1>Arrestrhythmen</h1>	
Defibrillierbare Rhythmen	Nicht-defibrillierbare Rhythmen
 <p>Pulslose ventrikuläre Tachykardie</p>	 <p>Asystole</p>
 <p>Ventrikuläre Fibrillation</p>	 <p>Pulslose elektrische Aktivität</p>

Abbildung 10: Übersicht über kardiale Arrestrhythmen

Zu den defibrillierbaren Rhythmen gehören pulslose ventrikuläre Tachykardie und ventrikuläre Fibrillation. Die nicht-defibrillierbaren Rhythmen beinhalten Asystole und pulslose elektrische Aktivität. Pulslose ventrikuläre Tachykardie und pulslose elektrische Aktivität können nur diagnostiziert werden, wenn ein entsprechender EKG Rhythmus vorliegt und KEIN Puls palpieren kann.

PEA=pulslose elektrische Aktivität; PVT=pulslose ventrikuläre Tachykardie; VF=ventrikuläre Fibrillation

wobei das Legen eines Zuganges nicht mit den Basismaßnahmen der Reanimation interferieren sollte.⁶⁸ Falls kein IV oder IO Zugang möglich ist, können Vasopressoren und Anticholinergika auch intratracheal (IT) verabreicht werden. Dazu wird ein langer, kleinlumiger Katheter (z. B. Urinkatheter) verwendet, welcher durch den Endotrachealtubus geschoben werden kann.²⁷ Die zu verabreichenden Medikamente werden mit Kochsalzlösung verdünnt, um das Volumen zu erhöhen, und der tracheale Katheter wird anschliessend mit Luft nachgespült. Kristalloide oder kolloide Flüssigkeitsboli dürfen wegen ihres sehr grossen Volumens nie intratracheal verabreicht werden.

Vasopressoren

Da während der Reanimation auch mit idealen Thoraxkompressionen nur ein Bruchteil des normalen Herzminutenvolumens erreicht werden kann, ist es wichtig, den Blutfluss von der Peripherie zu den lebenswichtigen Organen umzuverteilen. Dies wird mittels Vasopressoren erreicht, die durch periphere Vasokonstriktion eine Zentralisation des Kreislaufes herbeiführen und damit die Koronar- und Zerebraldurchblutung erhöhen.⁶³ Die

zwei am häufigsten eingesetzten Vasopressoren sind Adrenalin und Vasopressin.

Adrenalin ist ein Katecholamin, welches Effekte auf die α -1, β -1 und β -2 Rezeptoren hat. Davon scheinen vor allem die α -1 Effekte während der Reanimation von Vorteil zu sein.^{42,71} Adrenalin ist ein kurzwirksames Medikament und seine Verabreichung sollte daher alle 4 Minuten (nach jedem zweiten 2-Minuten Reanimationszyklus) wiederholt werden.²⁷ Initial sollte eine niedrige Dosierung von 0,01 mg/kg IV/IO verabreicht werden, da zu hohe Dosen mit einer höheren Sterblichkeitsrate assoziiert sind.⁹⁰ Bei länger andauernder Reanimation (>10 Minuten) kann eine hohe Adrenalinosis von 0,1 mg/kg IV/IO in Betracht gezogen werden. Adrenalin kann auch, wie oben beschrieben, intratracheal verabreicht werden. Allerdings sollte die Dosierung dann verdoppelt werden (0,02 mg/kg als tiefe und 0,2 mg/kg IT als hohe Dosis).^{59,73}

Alternativ zu Adrenalin kann auch Vasopressin alle 4 Minuten eingesetzt werden. Die empfohlene Dosierung beträgt 0,8 U/kg IV/IO oder IT.^{13,27} Ein potenzieller

Vorteil von Vasopressin ist seine Wirkung an V1 Rezeptoren, welche in azidämischer Umgebung besser aufrechterhalten ist als die Effekte der Katecholamine an α -1 Rezeptoren.^{5, 13}

Anticholinergika

Atropin ist das am häufigsten untersuchte Parasympatholytikum bei Patienten mit HKS.^{4,7} Nur wenige Studien sind in der Lage, einen positiven Effekt der Atropintherapie nachzuweisen, aber es gibt ebenso keine Hinweise auf schwerwiegende Nebeneffekte. Atropin mit einer einmaligen Dosis von 0,04 mg/kg IV/IO, kann daher bei Hunden und Katzen mit HKS in Betracht gezogen werden.^{27,72} Besonders bei Patienten mit Asystolie oder PEA mit hohem Verdacht auf erhöhten Vagotonus ist die Anwendung von Atropin sinnvoll.^{27,80} Bei der IT Verabreichung sollte die Dosierung erhöht werden (0,08 bis 0,2 mg/kg).⁷²

Antiarrhythmika

Die Therapie der Wahl für defibrillierbare Arrhythmien ist die elektrische Defibrillation (siehe unten).^{27,80} Patienten mit defibrillationsresistenten Arrhythmien (>5 erfolglose Versuche) profitieren aber vermutlich von zusätzlicher medikamenteller Therapie. Amiodaron (2,5-5 mg/kg IV/IO) ist dabei das Medikament der

Wahl. Wenn kein Amiodaron zur Verfügung steht, kann Lidokain zur Therapie von defibrillationsresistenten Arrestrhythmen angewendet werden (2 mg/kg IV/IO).^{1,21,22,27,83} Anaphylaktische Reaktionen beim Hund sind bei Amiodaronpräparaten mit Polysorbat Trägerlösungen möglich und falls ROSC erzielt werden kann, sollten Patienten anschliessend auf mögliche Nebenwirkungen beobachtet werden.¹⁷

Sedationsantagonisten

Wenn Hunden oder Katzen kurz vor Erleiden des HKS antagonisierbare Anästhetika, Analgetika, oder Sedativa verabreicht wurden, sollten diese antagonisiert werden.^{26,27} Naloxon (0,04 mg/kg IV/IO) kann verabreicht werden um Opioide zu antagonisieren, Flumazenil (0.01 mg/kg IV/IO) wird zur Antagonisierung von Benzodiazepinen eingesetzt und Atipamezol (0,1 mg/kg IV/IO) oder Yohimbin (0,1 mg/kg IV/IO) reversieren die Wirkung von α -2 Agonisten wie (Dex)medetomidin und Xylazin.²⁶

Flüssigkeitstherapie

Intravenöse Flüssigkeitstherapie wird immer noch sehr häufig während der Kleintierreanimation eingesetzt. Diese sollte jedoch nur bei denjenigen Patienten zum Einsatz kommen, bei denen Hypovolämie vermutet

Kardiopulmonale Reanimation in der Kleintierpraxis

S. N. Hoehne et al.

Tabelle 1: Übersicht und Dosierungen der am häufigsten gebrauchten Medikamente während der Reanimation von Hund und Katze Volumina sind basierend auf dem Körpergewicht in Milliliter angegeben, um Rechenfehler zu minimieren.

	Medikament	Körpergewicht (kg)	2,5	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
		Dosierung	ml	ml	ml	ml	ml	ml	ml	ml	ml	ml	ml
Vasopressoren & Anticholinergika	Adrenalin (1 mg/ml)	0,01 mg/kg	0,03	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
	Vasopressin (20 IE/ml)	0,8 IE/kg	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
	Atropin (1 mg/ml)	0,04 mg/kg	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Antiarrhythmika	Amiodaron (50 mg/ml)	2,5 mg/kg	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5
	Lidokain (2%)	2 mg/kg	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Sedationsantagonisten	Naloxon (0,4 mg/ml)	0,04 mg/kg	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
	Flumazenil (0,1 mg/ml)	0,01 mg/kg	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
	Atipamezol (5 mg/ml)	100 mcg/kg	0,06	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Defibrillation	Extern monophasisch (J)	4-6 J/kg	10	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
	Extern biphasisch (J)	2-4 J/kg	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Kardiopulmonale Reanimation in der Kleintierpraxis

S. N. Hoehne et al.

wird. Ein HKS alleine stellt keine Indikation für Flüssigkeitstherapie dar. Die Bolusverabreichung von Schockvolumina intravenöser Flüssigkeit erhöht den rechtsatrialen Druck und kann somit in normovolämischen Tieren die zur Erlangung von ROSC wichtige Koronar- und Zerebraldurchblutung herabsetzen.^{25,29,92} In Patienten mit vorbestehender Hypovolämie trägt die Verabreichung von intravenöser Flüssigkeit hingegen dazu bei, den Herzauswurf und die Gewebedurchblutung zu erhöhen, und ist in solchen Fällen gerechtfertigt.²⁷

Natriumbikarbonat Therapie

In Patienten mit länger bestehendem HKS (>10–15 Minuten) kommt es durch den reduzierten Blutfluss zu einer metabolischen Azidose. Die entstehende Azidämie kann Vasodilatation, Myokarddepression und reduziertes Ansprechen auf Katecholamine zur Folge haben.^{43,57} Studien zum Nutzen von Natriumbikarbonat während der Reanimation fallen widersprüchlich aus und diese Therapie sollte nur in Patienten mit langanhaltendem HKS oder nachgewiesener schwerer Azidämie (pH < 7,0) in Betracht gezogen werden.^{8,26,27,74,96} Falls nötig, wird Natriumbikarbonat mit einer Dosis von 1 mEq/kg verdünnt IV verabreicht.²⁷

Glukokortikoide

Während mehrere humanmedizinische und eine veterinärmedizinische Studie eine Assoziation zwischen besseren Überlebenschancen und der Administration von Glukokortikoiden während der Reanimation aufzeigen, demonstrieren andere Studien keinen Überlebensvorteil, sondern vermehrtes Auftreten von Nebenwirkungen.^{26,39,57,62,86} In Hunden ist beschrieben, dass bereits eine einmalige Verabreichung hoch dosierter Glukokortikoide zu schwerwiegenden Folgen wie gastrointestinaler bakterieller Translokation, Ulzerationen und Blutungen führen kann.^{55,78} Diese bekannten Risiken überwiegen den Nutzen von Glukokortikoiden während der Reanimation und deren routinemässige Anwendung wird daher nicht empfohlen.²⁷

Elektrische Defibrillation

Frühzeitige Defibrillation von Hund und Mensch ist mit höheren Überlebenschancen assoziiert. Patienten mit defibrillierbaren Arrhythmien sollten, wenn immer möglich, elektrisch defibrilliert werden.^{38,56}

Zur elektrischen Defibrillation sind monophasische und biphasische Defibrillatoren erhältlich. Sie unterscheiden sich dadurch, dass bei monophasischen Geräten der Stromfluss unidirektional von einem Paddle zum anderen stattfindet, wohingegen bei biphasischen Geräten der Fluss zuerst von einem Paddle zum anderen stattfindet, dann reversiert wird und zum ersten Paddle zurückfließt. Biphasische Defibrillatoren sind monophasischen vorzuziehen, da sie ventrikuläre Fibrilla-

tion effizienter terminieren.⁸⁰ Für monophasische Defibrillatoren sollte eine Energiedosis von 4–6 J/kg und für biphasische eine von 2–4 J/kg benutzt werden.²⁷ Wenn eine weitere Defibrillation notwendig ist, kann die Energiedosis einmalig um 50% erhöht werden.^{26,27}

Es ist wichtig die Unterbrechung der Herzdruckmassage zur Defibrillation so kurz wie möglich zu halten. Nach Identifikation eines defibrillierbaren Rhythmus werden Thoraxkompressionen sofort wieder aufgenommen bis der Defibrillator geladen ist. Sobald das Gerät einsatzbereit ist, wird der Patient in Dorsallage verbracht und die geladenen Paddles links und rechts am lateralen Thorax auf Höhe des Herzens angesetzt.²⁷ Zuvor sollte eine ausreichende Menge Defibrillatorgel auf die Paddles aufgetragen werden um die Ankopplung und den Fluss der Energie durch das Myokard zu maximieren.²⁷ Die Paddles sollten zudem so kräftig wie möglich an den Thorax gedrückt werden, sodass der Patient letztlich nur noch mittels den Paddles in Dorsallage fixiert wird, während Hilfspersonen den Patienten loslassen. Die Absicht, die Paddles zu entladen wird mit einem Kommando wie «Clear» oder «Achtung – alle weg!» angekündigt und allen Personen im Raum wird die Gelegenheit gegeben, sich von Patient und Behandlungstisch zu entfernen.²⁷ Der defibrillierende Retter muss sich vergewissern, dass das gesamte Team inklusive er selber den Patienten oder dem Behandlungstisch nicht berührt, bevor er die Paddles entlädt.²⁷ Alkohol darf nie zur Paddleankopplung verwendet werden, da er entzündbar ist und der Patient bei der Defibrillation Feuer fangen könnte.²⁷ Nach erfolgter Defibrillation wird die Herzdruckmassage sofort für einen kompletten 2-Minuten-Zyklus fortgeführt. Das EKG wird dann nach Ende dieses 2-Minuten-Zyklus reevaluiert.¹⁴

Wenn in der Praxis kein Defibrillator zur Verfügung steht, kann bei defibrillierbaren Rhythmen nebst Reanimationsbasismassnahmen ein präkordialer Faustschlag und die Therapie mit Amiodaron oder Lidokain versucht werden, wobei deren Wirksamkeit als alleinige Therapie unklar ist.

Postreanimationsphase

Nur zwanzig Prozent aller Hunde und Katzen, die nach einem HKS ROSC erreichen, können auch erfolgreich nach Hause entlassen werden.³⁷ Dies zeigt, dass die Phase der Reanimationsnachsorge ein wichtiges Bindeglied der Überlebenskette ist und Gelegenheit bietet zahlreiche Leben zu retten.^{9,26} Die Prognose eines Patienten nach HKS ist multifaktoriell und ist abhängig von der Grundursache, von Komorbiditäten, sowie vom Ausmass der erlittenen ischämischen Schäden während der Reanimation und der Reperfusionsschäden nach erfolg-

tem ROSC.²⁶ Zu guter Letzt ist die Überlebensrate in der Tiermedizin ebenso beeinflusst durch die Entscheidung des Besitzers über die Euthanasie seines Tieres.^{37,60}

Sollten sich Besitzer für eine Weiterversorgung ihres Tieres entscheiden, ist es wichtig, Herausforderungen der Reanimationsnachsorge zu kennen. Die Postreanimationsphase wird bestimmt durch anoxische Gehirnschäden, post-ischämische Myokarddysfunktion, die systemische Reaktion auf Ischämie und Reperfusion (Sepsis-ähnliche, systemische Entzündungsreaktion) und die zugrundeliegenden, vorbestehenden Krankheitsprozesse.⁶⁷ Die einzelnen Faktoren sind individuell unterschiedlich stark ausgeprägt und somit ist auch das klinische Bild des Postreanimationspatienten variabel und reicht von sehr stabilen Patienten bis zu Patienten mit Multiorganversagen. Eine Universalmethode zur Reanimationsnachsorge ist daher nicht verfügbar, vielmehr muss jeder Patient engmaschig überwacht und die Therapie den individuellen Symptomen angepasst werden.

Sobald ROSC erreicht wurde, müssen eine gute Zirkulation und Normoxämie sichergestellt werden, um einen erneuten Herzkreislaufstillstand zu vermeiden. Erreicht werden kann dies durch intravenöse Flüssigkeitsboli, Vasopressoren, manuelle Beatmung und Sauerstoffsupplementation. Überwachungsmodalitäten wie Pulsoximetrie oder indirekte Blutdruckmessungen sind nun hilfreich, um den kardiovaskulären Status des Patienten einzuschätzen und die Therapie anzupassen. Allfällige signifikante Veränderungen im Elektrolyt- oder Säure-Basen-Haushalt, metabolischer (z. B. Hypoglykämie) oder hämatologischer Natur (z. B. Anämie) sollten schnellstmöglich identifiziert und behoben werden.

Zur hämodynamischen Stabilisation orientiert man sich an den Therapieprinzipien für Patienten mit schwerer Sepsis oder septischem Schock.^{28,76} Ein mittlerer Blutdruck von 80 mmHg sollte angestrebt werden, um eine optimale Durchblutung des Grosshirns nach einer Phase der Anoxie zu gewährleisten.^{27,89} Erreichen kann man dieses Ziel durch eine Kombinationstherapie mit isotonen Kristalloidlösungen, um eine allfällige Hypovolämie zu beheben, und falls nötig durch die Verabreichung von Vasopressoren und positiven Inotropika.^{27,84}

Einhergehend mit der hämodynamischen Stabilisation sollte die Atmung des Patienten optimiert werden. Andauernde Hypoxämie kann Organschäden verschlimmern, während Hyperoxämie durch die Bildung von reaktiven Sauerstoffradikalen neuronale Schäden hervorrufen kann.^{66,77} Ebenso nachteilig kann sich Hypokapnie durch erhöhte Zerebraldurchblutung und erhöhten Hirndruck auswirken, andererseits kann Hypokapnie zu einer Vasokonstriktion und Minderdurchblutung des Gehirns führen.^{27,84} Ziel der respiratorischen Stabilisa-

tion ist daher die Aufrechterhaltung von Normoxämie (arterieller Sauerstoffpartialdruck von 80–100 mmHg oder periphere Sauerstoffsättigung von 94–96%) und Normokapnie (arterieller CO₂ Partialdruck von 32–43 mmHg beim Hund und 26–36 mmHg bei der Katze).^{27,84} Um dies zu gewährleisten, sollten komatöse Postreanimationspatienten solange mit positiver Druckbeatmung versorgt werden, bis eine stabile Spontanatmung wieder einsetzt. Sauerstoffsupplementation wird dabei nach Bedarf titriert. Oxygenation und Ventilation des Patienten sollten idealerweise durch arterielle Blutgasanalyse überwacht werden. Falls dies nicht möglich ist, können Pulsoximeter und EtCO₂ stellvertretend eingesetzt werden.

Sobald der Patient kardiovaskulär und respiratorisch stabilisiert ist, sollten neuroprotektive Massnahmen ergriffen werden, um trotz erlittener zerebraler Hypoxie eine möglichst gute neurologische Funktion zu erreichen. Dies ist von Bedeutung, weil ein Grossteil der neurologischen Schäden sich nach ROSC entwickelt und nicht während des eigentlichen HKS. Bei Menschen und Kleintieren können nach erfolgreicher Reanimation bessere neurologische Resultate beobachtet werden, wenn die Körperkerntemperatur unter dem physiologischen Normalwert gehalten wird.^{2,12,46,54} Eine Zielkörpertemperatur von 33–36 °C für 24 Stunden wird empfohlen, wenn Menschen nach erfolgtem ROSC das Bewusstsein nicht innerhalb von 1–2 Stunden wiedererlangen.¹⁴ Die RECOVER Richtlinien von 2012 empfehlen bei Kleintierpatienten eine milde Hypothermie von 32–34 °C für 24–48 Stunden.²⁷ Dieser Temperaturbereich wird aber voraussichtlich in den neueren Richtlinien revidiert und die Empfehlung etwas flexibler formuliert. Das Herbeiführen von milder therapeutischer Hypothermie, ob schon generell risikoarm, kann Nebenwirkungen wie Hypovolämie, Arrhythmien, Koagulopathien, Elektrolytimbalancen und metabolische Azidose zur Folge haben und entsprechendes Monitoring ist angezeigt.³² Einzelne Berichte aus der Veterinärmedizin lassen diese Therapie dennoch unter guter Beobachtung praktikabel erscheinen.^{32,49} Hunde und Katzen sind in der Postreanimationsphase häufig hypotherm und wenn die Mittel zur Induktion oder Überwachung von milder therapeutischer Hypothermie fehlen, sollten hypotherme Patienten zumindest nicht aktiv gewärmt werden (permissive Hypothermie).³⁶ Auch bei passivem Wärmen sollte ein Temperaturanstieg nicht mehr als 0,25 bis 0,5 °C pro Stunde betragen und langsam erfolgen.

Zerebrale Ödeme treten in der Postreanimationsphase häufig auf.³³ Wenn Patienten Anzeichen eines anhaltenden erhöhten Hirndruckes zeigen (reduziertes Bewusstsein, abnormale Kranialnervenreflexe, persistierende Apnoe), sollte eine Therapie mit hyperosmolaren Substanzen in Betracht gezogen werden (entweder Mannitol

Kardiopulmonale Reanimation in der Kleintierpraxis

S. N. Hoehne et al.

Kardiopulmonale Reanimation in der Kleintierpraxis

S. N. Hoehne et al.

0,5 g/kg IV oder hypertone Kochsalzlösung 7,2% NaCl 2–4 ml/kg IV, jeweils über 15–20 Minuten).^{27,84} Patienten sollten zudem auf epileptiforme Anfälle überwacht werden, bei Auftreten werden diese mit einem Benzodiazepin unterbrochen (z. B. Midazolam 0,25 mg/kg IV) und eine Therapie mit einem Antiepileptikum (z. B. Phenobarbital 2–4 mg/kg IV) begonnen.^{26,27,84}

Zusätzliche unterstützende Therapien sollten der Grunderkrankung und Organdysfunktionen des Patienten angepasst werden (z. B. Hämodialyse bei anurischem, akutem Nierenversagen). Weitere Details zur Postreanimationsbetreuung können den RECOVER Praxisrichtlinien entnommen werden.^{27,84} Bei kritischen Patienten ist nach initialer Stabilisation eine Überweisung an eine Klinik mit 24 Stunden Betrieb zur kontinuierlichen Überwachung empfohlen.

Prognose

Hunde und Katzen können nach Erleiden eines HKS im Vergleich zu Menschen seltener aus der Klinik entlassen werden. Die Überlebenschancen liegen bei 6% bis 7% für Hunde und 7% bis 19% für Katzen.^{37,39} Die zugrundeliegende Erkrankung ist wahrscheinlich einer der wichtigsten prognostischen Faktoren. Hunde und Katzen, die einen HKS unter Sedation, Anästhesie oder aufgrund einer Medikamentenüberdosis erleiden, haben fast 15 mal höhere Überlebenschance als andere Patientengruppen, was gute Reanimation vor allem im Kontext der Routineanästhesie sehr wichtig macht.^{37,39,50,60,93}

Überlebensraten in der Veterinärmedizin sind auch immer geprägt von Entscheidungen der Patientenbesitzer. Bis zu 55% aller Hunde und Katzen, die initial erfolgreich wiederbelebt wurden, werden anschliessend aufgrund finanzieller Bedenken oder schlechter Prognose euthanasiert.³⁸ Die Prognostizierung von Patienten nach Erreichen von ROSC wäre daher besonders wichtig, um Patientenbesitzern bei ihrer Entscheidungsfindung behilflich zu sein. Der neurologische Status des Postreanimationspatienten sollte ab Eintritt von ROSC mehrmals täglich überprüft werden. Jegliche Erhaltung normaler neurologischer Funktion (normales oder annähernd normales Bewusstsein, normale Kranialnervenfunktion, spontaner Atemantrieb) unmittelbar nach ROSC, ist als positives prognostisches Zeichen zu werten. Studien über erfolgreich reanimierte, komatöse und mit therapeutischer Hypothermie behandelte Menschen hingegen belegen, dass das Vorliegen von Koma und das Fehlen eines normalen Pupillarreflexes innerhalb der ersten 72 Stunden nach ROSC kein zuverlässiger Indikator für eine infauste Prognose ist. Erst wenn der komatöse Zustand und die Abwesenheit der Pupillarreflexe drei Tage nach ROSC weiterbestehen, lässt sich erken-

nen, dass ein Patient nur mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit aus dem Koma erwachen wird.^{18,64,81} Obwohl es in der Kleintiermedizin keine vergleichbaren Studien gibt, ist es naheliegend, dass Hunde und Katzen sich nach Erleiden eines anoxischen Hirnschadens über einen ähnlichen Zeitraum wie Menschen erholen. Es scheint daher vernünftig, dem Patienten eine geraume Erholungszeit einzuräumen bevor eine abschliessende Prognose gestellt wird.

Fazit und Ausblick

Ohne kardiopulmonale Reanimation verläuft ein HKS immer letal. Um die Prognose von Kleintierpatienten mit HKS zu verbessern, ist eine einheitliche und gut koordinierte Vorgehensweise bei der Reanimation von extremer Wichtigkeit. Dazu gehören vorbeugende Massnahmen, um HKS zu minimieren, gute Kenntnisse über Basis- und erweiterte Massnahmen der Reanimation, sowie intensive Betreuung in der Phase der Reanimationsnachsorge. Empfehlungen zur Kleintierreanimation können den RECOVER Praxisrichtlinien von 2012 entnommen werden, welche online frei zugänglich sind (www.recoverinitiative.org). Im Jahr 2021 wird eine Aktualisierung der RECOVER Praxisrichtlinien erwartet, die in mehreren Sprachen verfügbar sein soll. Des Weiteren werden europaweit immer mehr Schulungen und Reanimationszertifizierungskurse angeboten, um auch psychomotorische Reanimationsfähigkeiten weiter zu verbessern.

Danksagung

Die Autoren danken Valentina Dazio und Robin Mak-say für die Übersetzung der italienischen und französischen Zusammenfassungen. Besonderer Dank gebührt des Weiteren Dr. Vishal Murthy für die Anfertigung der Illustrationen.

Interessenskonflikte

MB ist Mitbegründer und Vorsitzender der RECOVER Initiative. RECOVER ist eine Not-for-profit Organisation und MB hat keinen finanziellen Konflikt zu vermelden. SNH ist Mitglied des RECOVER CPR Register Komitees. Die Aufgaben werden ehrenamtlich ausgeführt und SNH hat keinen finanziellen Konflikt zu vermelden.

Réanimation cardio-pulmonaire (RCP) des petits animaux en médecine générale

L'arrêt cardiopulmonaire (ACP) est l'arrêt soudain de la perfusion systémique et de la ventilation. Il entraîne, s'il n'est pas traité rapidement, un manque d'apport en oxygène aux tissus qui conduira inévitablement au décès du patient. La réanimation cardio-pulmonaire (RCP) est le seul traitement disponible pour l'ACP. Les compétences d'une équipe vétérinaire quant à la gestion d'un ACP peuvent être améliorées afin d'optimiser les chances de réussite.

Des directives cliniques ont été établies par l'initiative RECOVER (Reassessment Campaign on Veterinary Resuscitation) suite à une étude approfondie de la littérature scientifique. Ces recommandations servent de base à la formation et à la pratique de la RCP canine et féline. L'utilisation d'une technique standardisée de la RCP chez le chien et le chat permet de rétablir une circulation spontanée chez 58% des patients et de faire sortir d'hospitalisation jusqu'à 7% des chiens et 19% des chats. Les patients qui subissent un ACP péri-anesthésique ont un meilleur taux de survie. Des efforts dans la pratique de la RCP pour les patients sous anesthésie sont donc de la plus haute importance, de meilleurs résultats étant attendus dans ce contexte.

Il est nécessaire de mettre en place une stratégie de réanimation complète afin de garantir les meilleures chances de survie possibles à tout patient souffrant d'ACP et subissant une RCP. Cette dernière comprend des mesures de prévention et de préparation, des soins de réanimation de base (compressions thoraciques et ventilation), des soins de réanimation avancés (optimisation de l'état du patient par une pharmacothérapie ciblée, surveillance du rythme cardiaque et traitements anti-arythmiques) et des soins intensifs à mettre en place après la RCP. Cet article résume les principales lignes directrices des recommandations RECOVER qui peuvent être mises en pratique par un vétérinaire généraliste.

Mots clés: arrêt cardiaque, chat, chien, réanimation cardio-pulmonaire, directives cliniques RECOVER

Rianimazione cardiopolmonare dei piccoli animali (RCP) nella pratica generale

L'arresto cardiopolmonare (CPA) è l'arresto acuto della perfusione sistemica e della ventilazione che porta alla mancanza di apporto di ossigeno ai tessuti e che, se non affrontato rapidamente, causerà inevitabilmente la morte. La rianimazione cardiopolmonare (RCP) è l'unico trattamento disponibile per la CPA ed esistono diverse possibilità per migliorare l'approccio alla rianimazione del team veterinario e per ottimizzare gli esiti della RCP nei piccoli animali. Nel 2012, l'iniziativa RECOVER (Reassessment Campaign on Veterinary Resuscitation) ha condotto un'ampia revisione della letteratura e ha generato linee guida cliniche basate sull'evidenza da utilizzare per la formazione e la pratica della RCP canina e felina. È stato dimostrato che adottando un approccio standardizzato e basato sull'evidenza per la RCP dei piccoli animali, il ritorno della circolazione spontanea può essere raggiunto fino nel 58% dei pazienti e fino al 7% dei cani e il 19% dei gatti può essere dimesso vivo dalla clinica veterinaria. La sopravvivenza per cani e gatti che soffrono di CPA è migliore nei pazienti che subiscono un arresto peri-anestetico, quindi una buona riuscita della RCP nella popolazione di pazienti anestetizzati è della massima importanza e ci si aspetta sia più gratificante. Per garantire i migliori risultati possibili per ogni paziente affetto da CPA e sottoposto a RCP, è necessaria una strategia di rianimazione completa che includa misure preventive e di preparazione, supporto vitale di base (compressioni toraciche e ventilazione), supporto vitale avanzato (ottimizzazione dello stato del paziente attraverso una terapia farmacologica mirata, monitoraggio del ritmo cardiaco ed interventi antiaritmici), e cure critiche post-arresto cardiaco. Questo articolo riassume le più importanti linee guida del programma RECOVER CPR per il veterinario dei piccoli animali.

Parole chiave: arresto cardiaco, cane, gatto, rianimazione cardiopolmonare, linee guida cliniche RECOVER

Kardiopulmonale
Reanimation in der
Kleintierpraxis

S. N. Hoehne et al.

Kardiopulmonale
Reanimation in der
Kleintierpraxis
S. N. Hoehne et al.

References

- 1 Anastasiou-Nana MI, Nanas JN, Nanas SN, Rapti A, Poyadjis A, Stathaki S, Mouloupoulos SD. Effects of amiodarone on refractory ventricular fibrillation in acute myocardial infarction: experimental study. *J Am Coll Cardiol.* 1994; 23(1):253–258.
- 2 Arrich J, Holzer M, Herkner H, Müllner M. Cochrane corner: hypothermia for neuroprotection in adults after cardiopulmonary resuscitation. *Anesth Analg.* 2010; 110(4):1239.
- 3 Aufderheide TP, Lurie KG. Death by hyperventilation: A common and life-threatening problem during cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med.* 2004; 32(9):S345.
- 4 Behnke DJD, Swart GL, Spreng D, Aufderheide TP. Standard and Higher Doses of Atropine in a Canine Model of Pulseless Electrical Activity. *Acad Emerg Med.* 1995; 2(12):1034–1041.
- 5 Biondi-Zoccai GGL, Abbate A, Parisi O, et al. Is vasopressin superior to adrenaline or placebo in the management of cardiac arrest? A meta-analysis. *Resuscitation.* 2003; 59(2):221–224.
- 6 Bircher NG, Chan PS, Xu Y. Delays in Cardiopulmonary Resuscitation, Defibrillation, and Epinephrine Administration All Decrease Survival in In-hospital Cardiac Arrest. *Anesthesiology.* 2019; 130(3):414–422.
- 7 Blecic S, Chaskis C, Vincent JL. Atropine administration in experimental electromechanical dissociation. *Am J Emerg Med.* 1992; 10(6):515–518.
- 8 Bleske BE, Rice TL, Warren EW. An Alternative Sodium Bicarbonate Regimen During Cardiac Arrest and Cardiopulmonary Resuscitation in a Canine Model. *Pharmacotherapy.* 1994; 14(1):95–99.
- 9 Boller M, Boller EM, Oodegard S, Otto CM. Small animal cardiopulmonary resuscitation requires a continuum of care: proposal for a chain of survival for veterinary patients. *J Am Vet Med Assoc.* 2012; 240(5):540–554.
- 10 Boller M, Kellett-Gregory L, Shofer FS, Rishniw M. The clinical practice of CPR in small animals: an internet-based survey. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio).* 2010; 20(6):558–570.
- 11 Brainard BM, Boller M, Fletcher DJ. RECOVER evidence and knowledge gap analysis on veterinary CPR. Part 5: Monitoring. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio).* 2012; 22(s1):S65–S84.
- 12 Brodeur A, Wright A, Cortes Y. Hypothermia and targeted temperature management in cats and dogs. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio).* 2017; 27(2):151–163.
- 13 Buckley GJ., Rozanski EA., Rush JE. Randomized, Blinded Comparison of Epinephrine and Vasopressin for Treatment of Naturally Occurring Cardiopulmonary Arrest in Dogs. *J Vet Intern Med.* 2011; 25(6):1334–1340.
- 14 Callaway Clifton W., Soar Jasmeet, Aibiki Mayuki, et al. Part 4: Advanced Life Support. *Circulation.* 2015; 132(16 suppl_1):S84–S145.
- 15 Cimrin AH, Topacoglu H, Karcioglu O, Ozsarac M, Ayrik C. A model of standardized training in basic life support skills of emergency medicine residents. *Adv Therapy.* 2005; 22(1):10–18.
- 16 Cipani S, Bartolozzi C, Ballo P, Sarti A. Blood flow maintenance by cardiac massage during cardiopulmonary resuscitation: Classical theories, newer hypotheses, and clinical utility of mechanical devices. *J Intensive Care Soc.* 2019; 20(1):2–10.
- 17 Cober RE, Schober KE, Hildebrandt N, Sikorska E, Riesen SC. Adverse effects of intravenous amiodarone in 5 dogs. *J Vet Intern Med.* 2009; 23(3):657–661.
- 18 Cronberg T. Assessing brain injury after cardiac arrest, towards a quantitative approach. *Curr Opin Crit Care.* 2019; 25(3):211–217.
- 19 Dick WF, Eberle B, Wisser G, Schneider T. The carotid pulse check revisited: what if there is no pulse? *Crit Care Med.* 2000; 28:N183–185.
- 20 Dine CJ, Gersh RE, Leary M, Riegel BJ, Bellini LM, Abella BS. Improving cardiopulmonary resuscitation quality and resuscitation training by combining audiovisual feedback and debriefing. *Crit Care Med.* 2008; 36(10):2817–2822.
- 21 Dorian P, Cass D, Schwartz B, Cooper R, Gelaznikas R, Barr A. Amiodarone as compared with lidocaine for shock-resistant ventricular fibrillation. *N Engl J Med.* 2002; 346(12):884–890.
- 22 Dorian P, Fain ES, Davy JM, Winkle RA. Lidocaine causes a reversible, concentration-dependent increase in defibrillation energy requirements. *J Am Coll Cardiol.* 1986; 8(2):327–332.
- 23 Edelson DP, Abella BS, Kramer-Johansen J, et al. Effects of compression depth and pre-shock pauses predict defibrillation failure during cardiac arrest. *Resuscitation.* 2006; 71(2):137–145.
- 24 Edelson DP, Litzinger B, Arora V, et al. Improving in-hospital cardiac arrest process and outcomes with performance debriefing. *Arch Intern Med.* 2008; 168(10):1063–1069.
- 25 Fischer M, Hossmann K-A. Volume expansion during cardiopulmonary resuscitation reduces cerebral no-reflow. *Resuscitation.* 1996; 32(3):227–240.
- 26 Fletcher DJ, Boller M. Updates in Small Animal Cardiopulmonary Resuscitation. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2013; 43(4):971–987.
- 27 Fletcher DJ, Boller M, Brainard BM, et al. RECOVER evidence and knowledge gap analysis on veterinary CPR. Part 7: Clinical guidelines. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio).* 2012; 22(s1):S102–S131.
- 28 Gaieski DF, Band RA, Abella BS, et al. Early goal-directed hemodynamic optimization combined with therapeutic hypothermia in comatose survivors of out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation.* 2009;80(4):418–424.
- 29 Gentile NT, Martin GB, Appleton TJ, Moeggenberg J, Paradis NA, Nowak RM. Effects of arterial and venous volume infusion on coronary perfusion pressures during canine CPR. *Resuscitation.* 1991; 22(1):55–63.
- 30 Gundersen K, Kvaløy JT, Kramer-Johansen J, Steen PA, Eftestøl T. Development of the probability of return of spontaneous circulation in intervals without chest compressions during out-of-hospital cardiac arrest: an observational study. *BMC Med.* 2009; 7(1):6.
- 31 Hasselqvist-Ax I, Riva G, Herlitz J, et al. Early Cardiopulmonary Resuscitation in Out-of-Hospital Cardiac Arrest. *N Engl J Med* 2015; 372(24):2307–2315.
- 32 Hayes GM. Severe seizures associated with traumatic brain injury managed by controlled hypothermia, pharmacologic coma, and mechanical ventilation in a dog. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio).* 2009; 19(6):629–634.
- 33 Hayman EG, Patel AP, Kimberly WT, Sheth KN, Simard JM. Cerebral Edema After Cardiopulmonary Resuscitation: A Therapeutic Target Following Cardiac Arrest? *Neurocrit Care.* 2018; 28(3):276–287.

- ³⁴ Hazinski Mary Fran, Nolan Jerry P., Aickin Richard, et al. Part 1: Executive Summary. *Circulation* 2015; 132(16_suppl_1):S2–S39.
- ³⁵ Herlitz J, Bång A, Alsén B, Aune S. Characteristics and outcome among patients suffering from in hospital cardiac arrest in relation to the interval between collapse and start of CPR. *Resuscitation*. 2002; 53(1):21–27.
- ³⁶ Hickey RW, Kochanek PM, Ferimer H, Alexander HL, Garman RH, Graham SH. Induced hyperthermia exacerbates neurologic neuronal histologic damage after asphyxial cardiac arrest in rats*. *Critical Care Med*. 2003; 31(2): 531–535.
- ³⁷ Hoehne SN, Epstein SE, Hopper K. Prospective Evaluation of Cardiopulmonary Resuscitation Performed in Dogs and Cats According to the RECOVER Guidelines. Part 1: Prognostic Factors According to Utstein-Style Reporting. *Front Vet Sci*. 2019; 6:384.
- ³⁸ Hoehne SN, Hopper K, Epstein SE. Prospective Evaluation of Cardiopulmonary Resuscitation Performed in Dogs and Cats According to the RECOVER Guidelines. Part 2: Patient Outcomes and CPR Practice Since Guideline Implementation. *Front Vet Sci*. 2019; 6:439.
- ³⁹ Hofmeister EH, Brainard BM, Egger CM, Kang S. Prognostic indicators for dogs and cats with cardiopulmonary arrest treated by cardiopulmonary cerebral resuscitation at a university teaching hospital. *J Am Vet Med Assoc*. 2009; 235(1):50–57.
- ⁴⁰ Hofmeister EH, Thompson BF, Brainard BM, et al. Survey of academic veterinarians' clinical practice in cardiopulmonary–cerebral resuscitation. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)*. 2008; 18(2):142–152.
- ⁴¹ Hogen T, Cole SG, Drobatz KJ. Evaluation of end-tidal carbon dioxide as a predictor of return of spontaneous circulation in dogs and cats undergoing cardiopulmonary resuscitation. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)*. 2018; 28(5):398–407.
- ⁴² Holmes HR, Babbs CF, Voorhees WD, Tacker WA, de Garavilla B. Influence of adrenergic drugs upon vital organ perfusion during CPR. *Crit Care Med*. 1980; 8(3):137–140.
- ⁴³ Hopper K, Borchers A, Epstein SE. Acid base, electrolyte, glucose, and lactate values during cardiopulmonary resuscitation in dogs and cats. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)*. 2014; 24(2):208–214.
- ⁴⁴ Hopper K, Epstein SE, Fletcher DJ, Boller M. RECOVER evidence and knowledge gap analysis on veterinary CPR. Part 3: Basic life support. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)*. 2012; 22(s1):S26–S43.
- ⁴⁵ Hopper K, Rezende ML, Borchers A, Epstein SE. Efficacy of Manual Ventilation Techniques During Cardiopulmonary Resuscitation in Dogs. *Front Vet Sci*. 2018; 5.
- ⁴⁶ Hossmann KA. Resuscitation potentials after prolonged global cerebral ischemia in cats. *Crit Care Med*. 1988; 16(10):964–971.
- ⁴⁷ Idris AH, Wenzel V, Becker LB, Banner MJ, Orban DJ. Does Hypoxia or Hypercarbia Independently Affect Resuscitation From Cardiac Arrest? *Chest*. 1995; 108(2):522–528.
- ⁴⁸ Isbye DL, Meyhoff CS, Lippert FK, Rasmussen LS. Skill retention in adults and in children 3 months after basic life support training using a simple personal resuscitation manikin. *Resuscitation*. 2007; 74(2):296–302.
- ⁴⁹ Kanemoto I, Taguchi D, Yokoyama S, Mizuno M, Suzuki H, Kanamoto T. Open heart surgery with deep hypothermia and cardiopulmonary bypass in small and toy dogs. *Vet Surg*. 2010; 39(6):674–679.
- ⁵⁰ Kass PH, Haskins SC. Survival Following Cardiopulmonary Resuscitation in Dogs and Cats. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)*. 1992; 2(2):57–65.
- ⁵¹ Kawase K, Ujiie H, Takaki M, Yamashita K. Clinical outcome of canine cardiopulmonary resuscitation following the RECOVER clinical guidelines at a Japanese nighttime animal hospital. *J Vet Med Sci*. 2018; 80(3):518–525.
- ⁵² Kern KB, Hilwig RW, Berg RA, Sanders AB, Ewy GA. Importance of continuous chest compressions during cardiopulmonary resuscitation: improved outcome during a simulated single lay-rescuer scenario. *Circulation* 2002; 105(5):645–649.
- ⁵³ Kneba EJ, Humm KR. The use of mental metronomes during simulated cardiopulmonary resuscitation training. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)*. 2020; 30(1):92–96.
- ⁵⁴ Kuboyama K, Safar P, Radovsky A, Tisherman SA, Stezoski SW, Alexander H. Delay in cooling negates the beneficial effect of mild resuscitative cerebral hypothermia after cardiac arrest in dogs: a prospective, randomized study. *Crit Care Med*. 1993; 21(9):1348–1358.
- ⁵⁵ Levine JM, Levine GJ, Boozer L, et al. Adverse effects and outcome associated with dexamethasone administration in dogs with acute thoracolumbar intervertebral disk herniation: 161 cases (2000–2006). *J Am Vet Med Assoc*. 2008; 232(3):411–417.
- ⁵⁶ Link Mark S., Atkins Dianne L., Passman Rod S., et al. Part 6: Electrical Therapies. *Circulation*. 2010; 122(18_suppl_3): S706–S719.
- ⁵⁷ Lundin A, Djärv T, Engdahl J, et al. Drug therapy in cardiac arrest: a review of the literature. *Eur Heart J Cardiovasc Pharmacother*. 2016; 2(1):54–75.
- ⁵⁸ Maier GW, Newton JR, Wolfe JA, et al. The influence of manual chest compression rate on hemodynamic support during cardiac arrest: high-impulse cardiopulmonary resuscitation. *Circulation*. 1986; 74(6 Pt 2):IV51–59.
- ⁵⁹ Manisterski Y, Vaknin Z, Ben-Abraham R, et al. Endotracheal epinephrine: a call for larger doses. *Anesth Analg*. 2002; 95(4):1037–1041.
- ⁶⁰ McIntyre RL, Hopper K, Epstein SE. Assessment of cardiopulmonary resuscitation in 121 dogs and 30 cats at a university teaching hospital (2009–2012). *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)*. 2014; 24(6):693–704.
- ⁶¹ McMichael M, Herring J, Fletcher DJ, Boller M. RECOVER evidence and knowledge gap analysis on veterinary CPR. Part 2: Preparedness and prevention. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)*. 2012; 22(s1):S13–S25.
- ⁶² Mentzelopoulos SD, Malachias S, Chamos C, et al. Vasopressin, Steroids, and Epinephrine and Neurologically Favorable Survival After In-Hospital Cardiac Arrest: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2013; 310(3):270–279.
- ⁶³ Michael JR, Guerci AD, Koehler RC, et al. Mechanisms by which epinephrine augments cerebral and myocardial perfusion during cardiopulmonary resuscitation in dogs. *Circulation*. 1984; 69(4):822–835.
- ⁶⁴ Morrison Laurie J., Deakin Charles D., Morley Peter T., et al. Part 8: Advanced Life Support. *Circulation*. 2010; 122(16_suppl_2):S345–S421.
- ⁶⁵ Mpotos N, Lemoine S, Wyler B, et al. Training to deeper compression depth reduces shallow compressions after

Kardiopulmonale
Reanimation in der
Kleintierpraxis

S. N. Hoehne et al.

- Kardiopulmonale Reanimation in der Kleintierpraxis
S. N. Hoehne et al.
- six months in a manikin model. *Resuscitation*. 2011; 82(10):1323–1327.
- ⁶⁶ Neumar R. Optimal oxygenation during and after cardiopulmonary resuscitation. *Current Opinion in Critical Care*. 2011; 17(3):236–240.
- ⁶⁷ Neumar RW, Nolan JP, Adrie C, et al. Post-Cardiac Arrest Syndrome. *Circulation*. 2008; 118(23):2452–2483.
- ⁶⁸ Niemann JT, Stratton SJ, Cruz B, Lewis RJ. Endotracheal drug administration during out-of-hospital resuscitation: where are the survivors? *Resuscitation*. 2002; 53(2):153–157.
- ⁶⁹ Noordergraaf GJ, Van Gelder JME, Van Kesteren RG, Diets RF, Savelkoul TJF. Learning cardiopulmonary resuscitation skills: does the type of mannequin make a difference? *Eur J Emerg Med*. 1997; 4(4):204–209.
- ⁷⁰ Oh TK, Park YM, Do S-H, Hwang J-W, Song I-A. ROSC rates and live discharge rates after cardiopulmonary resuscitation by different CPR teams - a retrospective cohort study. *BMC Anesthesiol*. 2017; 17.
- ⁷¹ Otto CW, Yakaitis RW, Redding JS, Blitt CD. Comparison of dopamine, dobutamine, and epinephrine in CPR. *Crit Care Med*. 1981; 9(5):366.
- ⁷² Paret G, Mazkereth R, Sella R, et al. Atropine pharmacokinetics and pharmacodynamics following endotracheal versus endobronchial administration in dogs. *Resuscitation*. 1999; 41(1):57–62.
- ⁷³ Pavlović A, Popović N, Bumbaširević V, Trpković S, Kojić Z. Endotracheal administration of adrenaline in cardiopulmonary resuscitation of anaesthetized dogs. *Acta Veterinaria (Beograd)*. 2006;56(1):63–79.
- ⁷⁴ Raymond TT, Stromberg D, Stigall W, Burton G, Zaritsky A. Sodium bicarbonate use during in-hospital pediatric pulseless cardiac arrest – A report from the American Heart Association Get With The Guidelines®-Resuscitation. *Resuscitation*. 2015; 89:106–113.
- ⁷⁵ Rittenberger JC, Menegazzi JJ, Callaway CW. Association of delay to first intervention with return of spontaneous circulation in a swine model of cardiac arrest. *Resuscitation*. 2007; 73(1):154–160.
- ⁷⁶ Rivers E, Nguyen B, Havstad S, et al. Early Goal-Directed Therapy in the Treatment of Severe Sepsis and Septic Shock. *New England Journal of Medicine*. 2001;345(19):1368–1377.
- ⁷⁷ Roberts Brian W., Kilgannon J. Hope, Hunter Benton R., et al. Association Between Early Hyperoxia Exposure After Resuscitation From Cardiac Arrest and Neurological Disability. *Circulation*. 2018; 137(20):2114–2124.
- ⁷⁸ Rohrer CR, Hill RC, Fischer A, et al. Gastric hemorrhage in dogs given high doses of methylprednisolone sodium succinate. *Am J Vet Res*. 1999; 60(8):977–981.
- ⁷⁹ Rössler B, Ziegler M, Hüpfel M, Fleischhackl R, Krychtiuk KA, Schebesta K. Can a flowchart improve the quality of bystander cardiopulmonary resuscitation? *Resuscitation*. 2013; 84(7):982–986.
- ⁸⁰ Rozanski EA, Rush JE, Buckley GJ, Fletcher DJ, Boller M. RECOVER evidence and knowledge gap analysis on veterinary CPR. Part 4: Advanced life support. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)*. 2012; 22(s1):S44–S64.
- ⁸¹ Sandroni C, Cariou A, Cavallaro F, et al. Prognostication in comatose survivors of cardiac arrest: An advisory statement from the European Resuscitation Council and the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med*. 2014; 40(12):1816–1831.
- ⁸² Sandroni C, De Santis P, D'Arrigo S. Capnography during cardiac arrest. *Resuscitation*. 2018; 132:73–77.
- ⁸³ Sanfilippo F, Corredor C, Santonocito C, et al. Amiodarone or lidocaine for cardiac arrest: A systematic review and meta-analysis. *Resuscitation*. 2016; 107:31–37.
- ⁸⁴ Smarick SD, Haskins SC, Boller M, Fletcher DJ. RECOVER evidence and knowledge gap analysis on veterinary CPR. Part 6: Post-cardiac arrest care. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)*. 2012; 22(s1):S85–S101.
- ⁸⁵ Smith GB. In-hospital cardiac arrest: Is it time for an in-hospital 'chain of prevention'? *Resuscitation*. 2010; 81(9):1209–1211.
- ⁸⁶ Smithline H, Rivers E, Appleton T, Nowak R. Corticosteroid supplementation during cardiac arrest in rats. *Resuscitation*. 1993; 25(3):257–264.
- ⁸⁷ Sodhi K, Singla MK, Shrivastava A. Impact of advanced cardiac life support training program on the outcome of cardiopulmonary resuscitation in a tertiary care hospital. *Indian J Crit Care Med*. 2011;15(4):209–212.
- ⁸⁸ Sodhi K, Singla MK, Shrivastava A. Institutional resuscitation protocols: do they affect cardiopulmonary resuscitation outcomes? A 6-year study in a single tertiary-care centre. *J Anesth*. 2015; 29(1):87–95.
- ⁸⁹ Sundgreen Claus, Larsen Fin Stolze, Herzog Tina Maria, Knudsen Gitte Moos, Boesgaard Soren, Aldershvile Jan. Autoregulation of Cerebral Blood Flow in Patients Resuscitated From Cardiac Arrest. *Stroke*. 2001; 32(1):128–132.
- ⁹⁰ Vanduyck C, Martens P. High dose versus standard dose epinephrine in cardiac arrest – a meta-analysis. *Resuscitation*. 2000; 45(3):161–166.
- ⁹¹ Voorhees WD, Babbs CF, Tacker WA. Regional blood flow during cardiopulmonary resuscitation in dogs. *Crit Care Med*. 1980;8(3):134–136.
- ⁹² Voorhees WD, Ralston SH, Kougiyas C, Schmitz PMW. Fluid loading with whole blood or ringer's lactate solution during cpr in dogs. *Resuscitation*. 1987; 15(2):113–123.
- ⁹³ Waldrop JE, Rozanski EA, Swanke ED, O'Toole TE, Rush JE. Causes of cardiopulmonary arrest, resuscitation management, and functional outcome in dogs and cats surviving cardiopulmonary arrest. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)*. 2004; 14(1):22–29.
- ⁹⁴ Weaver W, Cobb L, Hallstrom A, Fahrenbruch C, Copass M, Ray R. Factors Influencing Survival After Out-of-Hospital Cardiac-Arrest. *J Am Coll Cardiol*. 1986; 7(4):752–757.
- ⁹⁵ Weil MH, Bisera J, Trevino RP, Rackow EC. Cardiac output and end-tidal carbon dioxide. *Crit Care Med*. 1985; 13(11):907–909.
- ⁹⁶ Weng Y-M, Wu S-H, Li W-C, Kuo C-W, Chen S-Y, Chen J-C. The effects of sodium bicarbonate during prolonged cardiopulmonary resuscitation. *Am J Emerg Med*. 2013; 31(3):562–565.
- ⁹⁷ Wingfield WE, Van DP. Respiratory and cardiopulmonary arrest in dogs and cats: 265 cases (1986–1991). *J Am Vet Med Assoc*. 1992; 200(12):1993–1996.
- ⁹⁸ Wolfe JA, Maier GW, Newton JR, et al. Physiologic determinants of coronary blood flow during external cardiac massage. *J Thoracic Cardiovasc Surg*. 1988; 95(3):523–532.
- ⁹⁹ Yannopoulos D, McKnite S, Auferderheide TP, et al. Effects of incomplete chest wall decompression during cardiopulmonary resuscitation on coronary and cerebral perfusion pressures in a porcine model of cardiac arrest. *Resuscitation*. 2005; 64(3):363–372.
- ¹⁰⁰ Yeh ST, Cawley RJ, Aune SE, Angelos MG. Oxygen requirement during cardiopulmonary resuscitation (CPR) to effect return of spontaneous circulation. *Resuscitation*. 2009; 80(8):951–955.

- ¹⁰¹ Yeung J, Meeks R, Edelson D, Gao F, Soar J, Perkins GD. The use of CPR feedback/prompt devices during training and CPR performance: A systematic review. *Resuscitation*. 2009; 80(7):743–751.
- ¹⁰² Zuercher M, Hilwig RW, Ranger-Moore J, et al. Leaning during chest compressions impairs cardiac output and left ventricular myocardial blood flow in piglet cardiac arrest. *Crit Care Med*. 2010; 38(4):1141–1146.

Kardiopulmonale
Reanimation in der
Kleintierpraxis

S. N. Hoehne et al.

Korrespondenz

Sabrina N. Hoehne
Länggassstrasse 128
CH-3012 Bern
Telefon: 031 631 23 15
E-Mail: sabrina.hoehne@vetsuisse.unibe.ch