

Anaesthesist 2018 · 67:375–379
<https://doi.org/10.1007/s00101-018-0433-6>
Online publiziert: 11. April 2018
© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von
Springer Nature 2018



M. Habicher^{1,2} · T. Zajonz¹ · M. Heringlake³ · A. Böning⁴ · S. Treskatsch² ·
U. Schirmer⁵ · A. Markewitz⁶ · M. Sander¹

¹ Klinik für Anästhesiologie, operative Intensivmedizin und Schmerztherapie, Universitätsklinikum Gießen, Gießen, Deutschland

² Klinik für Anästhesiologie mit Schwerpunkt operative Intensivmedizin, Charité – Universitätsmedizin Berlin, Charité Campus Mitte und Campus Virchow Klinikum, Berlin, Deutschland

³ Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Lübeck, Deutschland

⁴ Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, Universitätsklinikum Gießen, Gießen, Deutschland

⁵ Herz- und Diabeteszentrum NRW Institut für Anästhesiologie, Universitätsklinik der Ruhr-Universität Bochum, Bad Oeynhausen, Deutschland

⁶ Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie, Bundeszentralkrankenhaus Koblenz, Koblenz, Deutschland

S3-Leitlinie zur intensivmedizinischen Versorgung herzchirurgischer Patienten

Hämodynamisches Monitoring und Herz-Kreislauf – ein Update

Hintergrund

Die im Jahr 2006 erstmalig veröffentlichte „S3-Leitlinie zur intensivmedizinischen Versorgung herzchirurgischer Patienten – Hämodynamisches Monitoring und Herz-Kreislauf“ ist im letzten Jahr einer Aktualisierung unterzogen worden und wurde im Januar 2018 veröffentlicht. Die sehr umfangreiche und ausführliche Leitlinie beschäftigt sich neben dem Basis-Monitoring und dem erweiterten hämodynamischen Monitoring bei Intensivpatienten auch mit den Fragen nach der Art der Volumentherapie sowie der Therapie mit vasoaktiven und inotropen Substanzen. Des Weiteren werden Behandlungsalgorithmen bei Auftreten eines akuten Rechts- bzw. Linksherzversagens beschrieben sowie auf die postoperativen Besonderheiten einzelner kardiochirurgischer Eingriffe eingegangen. Insgesamt soll die Leitlinie den Ärzten auf einer Intensivstation, die Patienten nach einem herzchirurgischen Eingriff behan-

deln, einen Leitfaden auf dem Boden der aktuellen Evidenz aufzeigen.

Bei der Erstellung der Leitlinie haben 22 Experten aus Deutschland, der Schweiz und den Niederlanden mitgewirkt. Zunächst wurde eine systematische Literaturrecherche zu den einzelnen Themen durch 2 Reviewer durchgeführt. In einzelnen Arbeitsgruppen wurden die verschiedenen Themengebiete bearbeitet und die Schlüsselempfehlungen formuliert. In der neuen Fassung wurden insgesamt 44 Schlüsselempfehlungen zu den einzelnen Themen formuliert und in einem Konsensustreffen abgestimmt. Die den Schlüsselempfehlungen zugrundeliegende Literatur wurde nach den Kriterien des Oxford Centre for Evidence-based Medicine in ihrer Qualität bewertet. Die Stärke der Empfehlung berücksichtigt auch Aspekte wie Sicherheit und Praktikabilität.

Die Einstufung der LL-Empfehlungen in Empfehlungsgrade („grade of recommendation“, GoR) erfolgte modifiziert nach Pedersen und Møller ([29];

■ **Tab. 1**).

In dieser Übersicht wird speziell nur auf die wichtigsten Änderungen des Updates der Leitlinie eingegangen.

Basis-Monitoring

Zum Basis-Monitoring bei intensivmedizinischen Patienten gehört neben dem kontinuierlichen EKG auch eine regelmäßige Blutdruckmessung [10]. Während in der alten Version der Leitlinie klargestellt wurde, dass eine kontinuierliche invasive Blutdruckmessung obligat ist, sieht die neue Version der Leitlinie vor, dass zwar eine kontinuierliche invasive Blutdruckmessung nach kardiochirurgischen Eingriffen durchgeführt werden soll, um schnell Kreislaufveränderungen zu detektieren und regelmäßige arterielle Blutgasanalysen durchführen zu können, aber bei hämodynamisch stabilen Patienten, die kontinuierliche nichtinvasive Blutdruckmessung eine Alternative zur invasiven Messung darstellt und angewendet werden kann. In der Literatur gibt es mehrere monozentrische Untersuchungen, die eine akzeptable Übereinstimmung der nichtinvasiven kontinuierlichen Blutdruckmessung im Vergleich

M. Habicher und T. Zajonz haben gleichermaßen zur Erstellung des Manuskripts beigetragen.

Tab. 1 Einstufung der LL-Empfehlungen in Empfehlungsgrade. (Nach Pedersen und Møller [29])

Stärke der Evidenz	Beschreibung	Empfehlungsgrad (GoR)
1a, 1b	Starke Empfehlung	A „Soll“
2a, 2b	Empfehlung	B „Sollte“
3, 4, 5	Offene Empfehlung	O „Kann“

GoR „grade of recommendation“, Empfehlungsgrad

mit einer invasiven Blutdruckmessung bei verschiedenen Patientenkollektiven, u. a. auch an Intensivpatienten, zeigen konnten [35, 38]. Diese Empfehlung wurde jedoch aufgrund der noch niedrigen Evidenzlage (C) und der nicht näher untersuchten Limitationen, z. B. Patienten im Schock, mit Arrhythmien oder ausgeprägter Hypotonie, mit einem GoR von 0 bewertet.

Bei herzchirurgischen postoperativen Intensivpatienten spielt der ZVD – trotz Limitationen – beim Basis-Monitoring weiterhin eine große Rolle, im Vergleich zu beispielsweise anderen kritisch kranken Patienten [25]. Die Limitationen des ZVD in Bezug auf die Vorhersagekraft der Volumenreagibilität sind in mehreren Publikationen beschrieben worden [24], jedoch zeigen neuere Arbeiten, dass insbesondere die ZVD-Kurve im zeitlichen Verlauf dennoch wertvolle Informationen über den Volumenstatus, die rechtsventrikuläre Vorlast und Compliance liefern kann und der ZVD v. a. mit dem Outcome assoziiert ist [37, 39]. Demzufolge hat der ZVD bzw. die ZVD-Kurve in der aktualisierten Leitlinie wieder einen größeren Stellenwert bekommen. Nach Konsensusmeinung des Expertengremiums kann die ZVD-Kurve trotz der beschriebenen Limitationen – insbesondere im Verlauf – relevante Informationen über die Herz-Kreislauf-Funktion und prognostische Informationen liefern und soll deswegen kontinuierlich überwacht werden. Der absolute ZVD soll aber nicht als Parameter des Volumenstatus genutzt werden.

In den letzten Jahren haben mehrere Publikationen auf die Limitationen der (zentral-)venösen Sauerstoffsättigung ($S_{(z)v}O_2$) hingewiesen. So konnte gezeigt werden, dass sowohl eine zu niedrige wie auch eine erhöhte S_vO_2 mit einem schlechteren Outcome assoziiert sein kann [18, 28, 30]. Dennoch sollte die $S_{(z)v}O_2$ nach Aussage der Leit-

linienexperten möglichst zeitnah nach Aufnahme auf die Intensivstation und bei Auftreten einer kardiopulmonalen Instabilität bestimmt werden. Weiterhin sollte zusätzlich zu $S_vO_2/S_{zv}O_2$ Lactat bestimmt werden, da eine normale oder erhöhte S_vO_2 nicht zum Ausschluss einer inadäquaten Sauerstoffversorgung der Gewebe genutzt werden kann [19, 21].

Erweitertes hämodynamisches Monitoring

Beim erweiterten hämodynamischen Monitoring wird zwischen der Echokardiographie, den verschiedenen Pulskonturverfahren und dem Pulmonaliskatheter (PAK) unterschieden.

Die Leitlinie empfiehlt, dass eine Echokardiographie – transthorakal und/oder – ösophageal – bei allen Patienten durchgeführt werden soll, die akute hämodynamische Störungen aufweisen und auf eine initiale Therapie nicht reagieren, um eine Diagnose zu sichern [2].

Weiterhin sollte nach Ansicht der Autoren der Leitlinie die Echokardiographie zum Therapie-Monitoring genutzt werden, da sie wertvolle qualitative Hinweise auf den Status von Hämodynamik und Herzzeitvolumen geben kann [5, 42]. Wichtig für den klinischen Alltag ist die Nachvollziehbarkeit solcher Untersuchungen im weiteren Verlauf, so dass eine adäquate Dokumentation der Untersuchung gefordert wird.

Aufgrund von mehreren Studien an verschiedenen Patientenkollektiven, die eine gute Vorhersagekraft dynamischer Kreislaufparameter wie Pulsdruckvariation und Schlagvolumenvariation hinsichtlich einer Volumenreagibilität zeigten, wurde die klinische Wertigkeit dieser Parameter unter Beachtung der Limitationen angehoben [11, 41].

Tab. 2 Zielparameter der hämodynamischen Therapie (Änderungen sind kursiv)

$S_{zv}O_2 \geq 70\%$ oder $S_vO_2 \geq 65\%$ ^a
MAD ≥ 65 mmHg
SVI > 35 ml/m ²
SVV oder PPV < 10 – 13%
ZVD < 15 mmHg ^b
LV-EDAI 6 – 9 cm ² /m ²
RV-LV-Index < 1
GEDVI 640 – 800 ml/m ^{2b}
PAOP ≤ 15 – 18 mmHg
Diurese $> 0,5$ ml/kgKG/h
Laktat ≤ 2 mmol/l

GEDVI globaler enddiastolischer Volumenindex, LV-EDAI „left ventricular enddiastolic area index“, MAD mittlerer arterieller Blutdruck, PAOP „pulmonary arterial occlusion pressure“, PPV „pulse pressure variation“, RV-LV-Index rechtsventrikulärer zu linksventrikulärem Diameter Index, SVI Schlagvolumenindex, S_vO_2 geschmischtenvenöse Sättigung, SVV Schlagvolumenvarianz, $S_{zv}O_2$ (zentral-)venöse Sauerstoffsättigung, ZVD zentraler Venendruck

^aBei Werten der $S_{zv}O_2/S_vO_2 \geq 80\%$ gibt es Hinweise, dass dies mit einer vermindernten Sauerstoffausschöpfung und mit einem schlechten Outcome assoziiert sein könnte, v. a., wenn gleichzeitig ein erhöhter Lactatwert ≥ 2 mmol/l vorliegt.

^bIndividuelle Grenzwerte können nach Volumenoptimierung durch TTE/TEE oder dynamische Parameter bestimmt werden.

Während der PAK in der letzten Fassung der Leitlinie nur sehr zurückhaltend empfohlen wurde, enthält die jetzige Fassung einige dezidierte Indikationen, bei denen er zum Therapie-Monitoring angewendet werden sollte. Dies ist der Fall bei:

- Patienten mit präoperativer Rechtsherzdysfunktion,
- Patienten mit einem Risiko für eine Rechtsherzdysfunktion und/oder pulmonalarterieller Hypertonie und zur Differenzierung der Ursache und Steuerung der Therapie eines schweren Low-cardiac-output-Syndroms (LCOS; [17]).

Zusammenfassend wurde von den Leitlinienautoren betont, dass ein erweitertes hämodynamisches Monitoring-Verfahren nur im Rahmen eines zielorientierten Behandlungskonzeptes angewendet werden soll [4, 13, 16].

Zielparameter der hämodynamischen Therapie

Wie auch in der letzten Version der Leitlinie werden Zielparameter der postoperativen hämodynamischen Therapie definiert. Es ergeben sich aufgrund von neuer Literatur einige Änderungen im Vergleich zur Vorversion. In **Tab. 2** sind die Parameter aufgelistet.

Volumentherapie

Die Frage nach der Art des Volumenersatzes – kristalloid vs. kolloidal und künstlich vs. natürlich – hat in den letzten Jahren zu vielen Diskussionen geführt. Aufgrund sehr heterogener Patientenprofile und operativer Prozeduren kann beim herzchirurgischen Patienten keine allgemeingültige Empfehlung zur bevorzugten Form des perioperativen Volumenersatzes (kristalloid und/oder kolloidal) ausgesprochen werden. Die Entscheidung und Menge der Volumensubstitution bei postoperativen kardiochirurgischen Patienten sollten jedoch anhand definierter Zielparameter erfolgen.

In der Leitlinie wird beschrieben, dass der Ausgleich einer Hypovolämie und eine hämodynamische Stabilisierung beim herzchirurgischen Patienten mit künstlichen Kolloiden vorgenommen werden können [3, 12, 20, 34]. In der Empfehlung mit einem GoR von 0 bei fehlender aussagekräftiger Evidenz im vorliegenden Patientenkollektiv wird darauf hingewiesen, dass behördliche Zulassungsbeschränkungen bei der Wahl der Therapeutika zu berücksichtigen sind. Dieser Hinweis ist insbesondere wichtig im Hinblick auf die derzeit geführte Diskussion um die Zulassung von Präparaten, die Hydroxyethylstärke enthalten.

Bezugnehmend auf die Querschnittsleitlinien der Bundesärztekammer (BÄK) zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten können der Ausgleich einer Hypovolämie und eine hämodynamische Stabilisierung beim herzchirurgischen Patienten mit Humanalbumin vorgenommen werden. Einschränkend wird festgestellt, dass dies jedoch nicht zum Ausgleich einer Hypovolämie bzw. zur hämodynamischen Stabilisierung einge-

Anaesthesist 2018 · 67:375–379 <https://doi.org/10.1007/s00101-018-0433-6>
© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2018

M. Habicher · T. Zajonz · M. Heringlake · A. Böning · S. Treskatsch · U. Schirmer · A. Markewitz · M. Sander

S3-Leitlinie zur intensivmedizinischen Versorgung herzchirurgischer Patienten. Hämodynamisches Monitoring und Herz-Kreislauf – ein Update

Zusammenfassung

Im Januar dieses Jahres wurde ein Update der „S3-Leitlinie zur intensivmedizinischen Versorgung herzchirurgischer Patienten – Hämodynamisches Monitoring und Herz-Kreislauf“ durch die AWMF veröffentlicht. Das Update ist eine Weiterentwicklung der Leitlinien aus den Jahren 2006 und 2011. Die Leitlinie umfasst 9 Kapitel, die sich neben den verschiedenen Monitoring-Verfahren auch mit den Fragen nach der Volumentherapie

und vasoaktiven und inotropen Substanzen beschäftigt und Zielparameter der Herz-Kreislauf-Therapie definiert. Im vorliegenden Beitrag werden die wichtigsten Neuerungen der umfangreichen Leitlinie dargestellt.

Schlüsselwörter

Intensivmedizin · Herzchirurgie · Hämodynamisches Monitoring · Volumentherapie · Positiv inotrope und vasoaktive Substanzen

S3 guidelines on intensive medical care of cardiac surgery patients. Hemodynamic monitoring and cardiovascular system—an update

Abstract

An update of the S3- guidelines for treatment of cardiac surgery patients in the intensive care unit, hemodynamic monitoring and cardiovascular system was published by the Association of Scientific Medical Societies in Germany (AWMF) in January 2018. This publication updates the guidelines from 2006 and 2011. The guidelines include nine sections that in addition to different methods of hemodynamic monitoring also reviews the topic of volume therapy

as well as vasoactive and inotropic drugs. Furthermore, the guidelines also define the goals for cardiovascular treatment. This article describes the most important innovations of these comprehensive guidelines.

Keywords

Intensive care medicine · Cardiothoracic surgery · Hemodynamic monitoring · Volume therapy · Positive inotropic and vasoactive drugs

setzt werden soll, solange therapeutische Alternativen nicht ausgeschöpft wurden [1] (GoR A).

Behandlung der Linksherzinsuffizienz

Im Rahmen der intensivmedizinischen Behandlung von herzchirurgischen Patienten stellt die Linksherzinsuffizienz eine wichtige Komplikation dar, die für Morbidität und Letalität der Patienten mitentscheidend ist. Unabhängig von jeglichem verwendeten Monitoring wird in der Leitlinie deutlich dargestellt, dass die klinische Untersuchung des Patienten einen wichtigen Bestandteil in der Behandlung darstellt und nicht in den Hintergrund treten darf und daher mindestens 2-mal täglich erfolgen soll.

In den letzten Jahren hat das seit Februar 2014 zur Behandlung einer akuten Herzinsuffizienz auch in Deutschland zugelassene Levosimendan an Bedeutung gewonnen. Sehr viele kleinere monozentrische Studien sowie alle Metaanalysen zeigten einen Outcome-Vorteil für Patienten, die Levosimendan erhielten [9, 23, 36]. Dieses Ergebnis konnte jedoch in 3 aktuell veröffentlichten Multizenterstudien nicht nachvollzogen werden [7, 22, 26]. Es zeigte sich hier kein signifikanter Vorteil in Bezug auf die Letalität bei intraoperativer prophylaktischer Gabe von Levosimendan oder bei intraoperativer/postoperativer Rescue-Therapie mit Levosimendan. Anzumerken ist jedoch, dass es erhebliche methodische Kritik an diesen Studien und den gewählten Endpunkten gab. Trotz dieser

Abkürzungen	
AKI	akutes Nierenversagen
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften
BÄK	Bundesärztekammer
CABG	„coronary artery bypass grafting“
DGAI	Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin
DGF	Deutsche Gesellschaft für Fachkrankpflege
DGTHG	Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie
DIVI	Deutsche interdisziplinäre Vereinigung für Intensivmedizin
EKG	Elektrokardiogramm
GEDVI	globaler enddiastolischer Volumenindex
GoR	„grade of recommendation“, Empfehlungsgrad
LCOS	Low-cardiac-output-Syndrom
LL	Leitlinie
LV-EDAI	„left ventricular enddiastolic area index“
LVEF	linksventrikuläre Ejektionsfraktion
MAD	mittlerer arterieller Blutdruck
PAK	Pulmonalkatheter
PAOP	„pulmonary arterial occlusion pressure“
PPV	„pulse pressure variation“
PVR	„peripheral vascular resistance“
SVI	Schlagvolumenindex
SVR	„systemic vascular resistance“
SVV	Schlagvolumenvarianz
$S_{(z)O_2}$	(zentral-)venöse Sauerstoffsättigung
ZVD	zentraler Venendruck

3 Studien wird in der aktuellen Leitlinie empfohlen, dass Levosimendan zur Prävention hämodynamischer Komplikationen bei Patienten mit hochgradig eingeschränkter LVEF und bei Patienten mit bestehendem LCOS eingesetzt werden sollte (GoR B). Die Leitlinienautoren gaben diese Empfehlung aufgrund der Tatsache, dass Levosimendan auch unter Einschluss der genannten letzten

3 Studien in den aktuellsten Metaanalysen weiterhin die einzige positiv-inotrope Substanz ist, für die ein Letalitätsvorteil beschrieben ist [6, 32, 33]. Weiterhin zeigte sich auch in einer aktuellen Subgruppenanalyse der LEVO-CTS-Studie, bei der nur die Patienten mit isoliertem CABG untersucht wurden, ein signifikanter und erheblicher Überlebensvorteil in der Levosimendangruppe [14].

Während Noradrenalin in der letzten Version als einziger Vasopressor empfohlen wurde, wurde diese Empfehlung in der aktuellen Version um Vasopressin erweitert. Gründe hierfür sahen die Leitlinienautoren in den aktuellen Metaanalysen zu Vasopressin [27, 31] sowie in den VANCS-Studie [15], die eine signifikante Reduktion an postoperativem akutem Nierenversagen (AKI) bei herzchirurgischen Patienten in der Vasopressingruppe beschrieben hatte.

Behandlung der Rechtsherzinsuffizienz

Die Diagnose und Therapie einer rechtsventrikulären Dysfunktion bzw. eines Rechtsherzversagens stellen die behandelnden Ärzte oft vor große Hindernisse. Die Therapie sollte auf den folgenden 3 Pfeilern beruhen: der Aufrechterhaltung eines adäquaten koronaren Perfusionsdrucks, einer Reduktion eines erhöhten pulmonalvaskulären Widerstands sowie der Verbesserung der rechtsventrikulären Kontraktilität [8]. Zusätzlich sollte eine adäquate Vorlast sichergestellt werden [40]. Bei unzureichendem Perfusionsdruck sollten Vasopressoren eingesetzt werden. Aufgrund der einschlägigen Literatur kann dies mit Noradrenalin und/oder auch mit Vasopressin erfolgen. Zusätzlich kann Vasopressin bei schwerer pulmonalarterieller Hypertonie und drohendem Rechtsherzversagen zur Verbesserung des PVR/SVR-Verhältnisses führen und alternativ zum Noradrenalin eingesetzt werden. Aufgrund unzureichender Literatur in Bezug auf das Vasopressin ist diese Empfehlung eine Expertenempfehlung, und es besteht hier sicher weiterer Forschungsbedarf.

Fazit

Die Autoren dieser komplett überarbeiteten Version der Leitlinie haben nach akribischer Bewertung und Diskussion der neuen Literatur sowie externem Peer Review mithilfe der AWMF zahlreiche aktualisierte Empfehlungen und evidenzbasierte Behandlungsalgorithmen vorgelegt. In vielen Punkten musste allerdings auch festgestellt werden, dass es für den postoperativen herzchirurgischen Patienten Evidenz nicht in der gewünschten Form und Qualität gibt, sodass hieraus Empfehlungen als Expertenkonsens oder mit niedrigem Grad resultierten. Auch hier wird dies in der vorliegenden Langfassung dem geneigten Leser entsprechend vorgestellt, sodass dieser sich in Bezug auf die von ihm behandelten Patienten ein eigenes Bild von der idealen Behandlungsstrategie machen kann. Auch wenn nicht jeder Leser mit jeder Empfehlung zu 100 % konform gehen wird, so ist es doch ganz sicher wieder gelungen, einen gemeinsamen Standard der DGAI und DGTHG unter Einbeziehung der DIVI und der DGF zur Behandlung dieser fordernden Patienten nach herzchirurgischen Eingriffen zu schaffen, sodass jeder Leser, der diese Patienten behandelt, Freude an der Lektüre der Leitlinie haben sollte.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. M. Sander
Klinik für Anästhesiologie, operative Intensivmedizin und Schmerztherapie, Universitätsklinikum Gießen, Rudolf-Buchheim-Straße 7, 35392 Gießen, Deutschland
michael.sander@chiru.med.uni-giessen.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. M. Habicher gibt an, Honorare für Vortragstätigkeiten von Pulsion Medical Systems und Edwards Lifesciences erhalten zu haben. M. Heringlake gibt an, Honorare für Beratertätigkeiten oder Vortragstätigkeiten von Covidien-Medtronic, Orion Pharma, Tenax Pharma und Gambro Hospal erhalten zu haben. Weiterhin gibt M. Heringlake an, finanzielle Zuwendungen (Drittmittel) für Forschungsvorhaben von Air Liquide Sante erhalten zu haben. A. Böning gibt an, Honorare für Vortragstätigkeiten von Maquet AG, Bayer, Orion Pharma erhalten zu haben. S. Treskatsch gibt an, Honorare im Rahmen von Gutachtertätigkeiten

ten oder Vortagstätigkeiten von Carinopharm und Edwards Lifesciences erhalten zu haben. Weiterhin gibt S. Treskatsch an, finanzielle Zuwendungen (Drittmittel) für Forschungsvorhaben von B. Braun, Biosense Webster und ImaCor erhalten zu haben. M. Sander gibt an, Honorare im Rahmen von Gutachtertätigkeiten oder Vortagstätigkeiten von Ratiopharm, Massimo, Amomed, Edwards Lifesciences, Pulsion Medical Systems und Fresenius erhalten zu haben. Weiterhin gibt M. Sander an, finanzielle Zuwendungen (Drittmittel) für Forschungsvorhaben von Edwards Lifesciences, Pulsion Medical Systems und The Medicine Company erhalten zu haben. T. Zajonz, U. Schirmer und A. Markewitz geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von den Autoren durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

- Deutscher Ärzte-Verlag GmbH (2014) Querschnittsleitlinien zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten. Herausgegeben vom Vorstand der Bundesärztekammer auf Empfehlung des Wissenschaftlichen Beirats
- American Society of Anesthesiologists and Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force on Transesophageal Echocardiography (2010) Practice guidelines for perioperative transesophageal echocardiography. An updated report by the American Society of Anesthesiologists and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force on Transesophageal Echocardiography. *Anesthesiology* 112:1084–1096
- Annane D, Siami S, Jaber S et al (2013) Effects of fluid resuscitation with colloids vs crystalloids on mortality in critically ill patients presenting with hypovolemic shock: the CRISTAL randomized trial. *JAMA* 310:1809–1817
- Aya HD, Cecconi M, Hamilton M, Rhodes A (2013) Goal-directed therapy in cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth* 110:510–517
- Bein B, Worthmann F, Tonner PH et al (2004) Comparison of esophageal Doppler, pulse contour analysis, and real-time pulmonary artery thermodilution for the continuous measurement of cardiac output. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 18:185–189
- Chen Q-H, Zheng R-Q, Lin H et al (2017) Effect of levosimendan on prognosis in adult patients undergoing cardiac surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Crit Care* 21(1):253. <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1848-1>
- Cholley B, Caruba T, Grosjean S et al (2017) Effect of levosimendan on low cardiac output syndrome in patients with low ejection fraction undergoing coronary artery bypass grafting with cardiopulmonary bypass. *JAMA* 318:548–549
- Denault A, Lamarche Y, Rochon A et al (2014) Innovative approaches in the perioperative care of the cardiac surgical patient in the operating room and intensive care unit. *Can J Cardiol* 30:459–477
- Erb J, Beuthauser T, Feldheiser A et al (2014) Influence of levosimendan on organ dysfunction in patients with severely reduced left ventricular function undergoing cardiac surgery. *J Int Med Res* 42:750–764
- Funcke S, Sander M, Goepfert MS et al (2016) Practice of hemodynamic monitoring and management in German, Austrian, and Swiss intensive care units: the multicenter cross-sectional ICU-CardioMan Study. *Ann Intensive Care* 6:49
- Geerts B, de Wilde R, Aarts L, Jansen J (2011) Pulse contour analysis to assess hemodynamic response to passive leg raising. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 25:48–52. <https://doi.org/10.1053/j.jvca.2010.09.013>
- Gillies MA, Habicher M, Jhanji S et al (2014) Incidence of postoperative death and acute kidney injury associated with i. v. 6% hydroxyethyl starch use: systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth* 112:25–34
- Goepfert MS, Richter HP, Zu Eulenburg C et al (2013) Individually optimized hemodynamic therapy reduces complications and length of stay in the intensive care unit: a prospective, randomized controlled trial. *Anesthesiology* 119:824–836
- Guarracino F, Heringlake M, Cholley B et al (2017) The use of levosimendan in cardiac surgery. *J Cardiovasc Pharmacol*. <https://doi.org/10.1097/fjc.0000000000000551>
- Hajjar LA, Vincent J-L, Barbosa Gomes Galas FR et al (2017) Vasopressin versus norepinephrine in patients with vasoplegic shock after cardiac surgery: the VANCS randomized controlled trial. *Anesthesiology* 126:85–93
- Hamilton MA, Cecconi M, Rhodes A (2011) A systematic review and meta-analysis on the use of preemptive hemodynamic intervention to improve postoperative outcomes in moderate and high-risk surgical patients. *Anesth Analg* 112:1392–1402
- Hillis LD, Smith PK, Anderson JL et al (2011) 2011 ACCF/AHA guideline for coronary artery bypass graft surgery: executive summary. *J Am Coll Cardiol* 58:2584–2614
- Holm J, Håkanson E, Vánky F, Svedjeholm R (2011) Mixed venous oxygen saturation predicts short- and long-term outcome after coronary artery bypass grafting surgery: a retrospective cohort analysis. *Br J Anaesth* 107:344–350
- Hu BY, Laine GA, Wang S, Solis RT (2012) Combined central venous oxygen saturation and lactate as markers of occult hypoperfusion and outcome following cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 26:52–57
- Kim J-Y, Joung K-W, Kim K-M et al (2015) Relationship between a perioperative intravenous fluid administration strategy and acute kidney injury following off-pump coronary artery bypass surgery: an observational study. *Crit Care* 19:350
- Laine GA, Hu BY, Wang S et al (2013) Isolated high lactate or low central venous oxygen saturation after cardiac surgery and association with outcome. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 27:1271–1276
- Landoni G, Lomivorotov VV, Alvaro G et al (2017) Levosimendan for hemodynamic support after cardiac surgery. *N Engl J Med* 376:2021–2031
- Levin RL, Degrange MA, Porcile R et al (2008) The calcium sensitizer levosimendan gives superior results to dobutamine in postoperative low cardiac output syndrome. *Rev Esp Cardiol* 61:471–479. [https://doi.org/10.1016/S1885-5857\(08\)60160-7](https://doi.org/10.1016/S1885-5857(08)60160-7)
- Marik PE, Baram M, Vahid B (2008) Does central venous pressure predict fluid responsiveness?: a systematic review of the literature and the tale of seven mares. *Chest* 134:172–178
- Marik PE, Cavallazzi R (2013) Does the central venous pressure predict fluid responsiveness? An updated meta-analysis and a plea for some common sense. *Crit Care Med* 41:1774–1781
- Mehta RH, Leimberger JD, van Diepen S et al (2017) Levosimendan in patients with left ventricular dysfunction undergoing cardiac surgery. *N Engl J Med* 376:2032–2042
- Neto AS, Júnior APN, Cardoso SO et al (2012) Vasopressin and terlipressin in adult vasodilatory shock: a systematic review and meta-analysis of nine randomized controlled trials. *Crit Care* 16:R154
- Nogueira PM, Mendonça-Filho HT, Campos LA et al (2010) Central venous saturation: a prognostic tool in cardiac surgery patients. *J Intensive Care Med* 25:111–116
- Pedersen T, Møller AM (2001) How to use evidence-based medicine in anaesthesiology. *Acta Anaesthesiol Scand* 45:267–274
- Perz S, Uhlir T, Kohl M et al (2011) Low and „supranormal“ central venous oxygen saturation and markers of tissue hypoxia in cardiac surgery patients: a prospective observational study. *Intensive Care Med* 37:52–59
- Polito A, Parisini E, Ricci Z et al (2011) Vasopressin for treatment of vasodilatory shock: an ESICM systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med* 38:9–19
- Putzu A, Clivio S, Belletti A, Cassina T (2017) Perioperative levosimendan in cardiac surgery: a systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis. *Int J Cardiol* 251:22–31. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.10.077>
- Sanfilippo F, Knight JB, Scolletta S et al (2017) Levosimendan for patients with severely reduced left ventricular systolic function and/or low cardiac output syndrome undergoing cardiac surgery: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care* 21(1):252. <https://doi.org/10.1186/s13054-017-1849-0>
- Saw MM, Chandler B, Ho KM (2012) Benefits and risks of using gelatin solution as a plasma expander for perioperative and critically ill patients: a meta-analysis. *Anaesth Intensive Care* 40:17–32
- Smolle K-H, Schmid M, Prettenhaler H, Weger C (2015) The accuracy of the CNAP® Device compared with invasive radial artery measurements for providing continuous noninvasive arterial blood pressure readings at a medical intensive care unit. *Anesth Analg* 121:1508–1516
- Treskatsch S, Balzer F, Geyer T et al (2015) Early levosimendan administration is associated with decreased mortality after cardiac surgery. *J Crit Care* 30:859.e1–859.e6
- Trof RJ, Danad I, Reiling MW et al (2011) Cardiac filling volumes versus pressures for predicting fluid responsiveness after cardiovascular surgery: the role of systolic cardiac function. *Crit Care* 15:R73
- Wagner JY, Negulescu I, Schöfthaler M et al (2015) Continuous noninvasive arterial pressure measurement using the volume clamp method: an evaluation of the CNAP device in intensive care unit patients. *J Clin Monit Comput* 29:807–813
- Williams JB, Peterson ED, Wojdyla D et al (2014) Central venous pressure after coronary artery bypass surgery: does it predict postoperative mortality or renal failure? *J Crit Care* 29:1006–1010
- Winterhalter M, Antoniou T, Loukanov T (2010) Management of adult patients with perioperative pulmonary hypertension: technical aspects and therapeutic options. *Cardiology* 116:3–9
- Yazigi A, Khoury E, Hlais S et al (2012) Pulse pressure variation predicts fluid responsiveness in elderly patients after coronary artery bypass graft surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 26:387–390
- Zhang Z, Xu X, Ye S, Xu L (2014) Ultrasonographic measurement of the respiratory variation in the inferior vena cava diameter is predictive of fluid responsiveness in critically ill patients: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Med Biol* 40:845–853