Abbildung: MosteCare Up, Vygon, Copyright bei Vygon

Erweitertes hämodynamisches Monitoring und zielgerichtete Kreislauftherapie im OP

Perioperatives hämodynamisches Management

Relevanz

Die intraoperative Optimierung der Homöostase kann erhebliche Konsequenzen auf die Langzeitprognose der Patienten haben [1]

- Postoperative Morbidität und Mortalität
  - Postoperative Komplikationen weltweit die dritthäufigste Todesursache [2]
  - Postoperative Mortalität ist 30-mal höher als intraoperative Mortalität [1]
- Adäquates hämodynamisches Management kann das Patienten-Outcome verbessern [1-4]
- Diskrepanz: erhebliche Fortschritte in der perioperativen Überwachung durch Verfügbarkeit neuer Monitoringverfahren – Unzureichender Einsatz auch bei risikobehafteten Eingriffen und multimorbiden Patienten [5]

Cave: Durch die Fokussierung auf kurzzeitige Effekte können fälschlicherweise erhebliche Konsequenzen auf die Langzeitprognose übersehen werden [5]

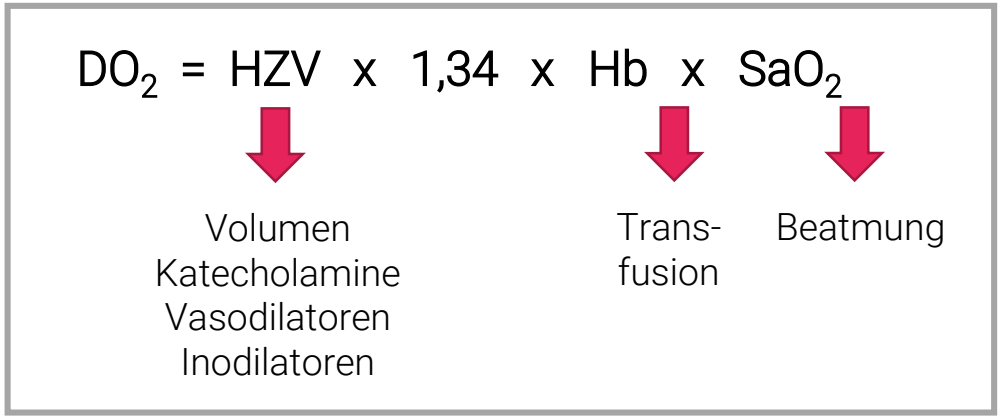
1. Rhodes A et al., Intensive Care Medicine 2010; 36: 1327–1332.
2. Michard F. et al.,Best Pract Res Clin Anaesthesiol 2019 Jun;33(2):247-255.
3. Futier E et al. JAMA 2017;318(14):1346–1357.
4. Calvo-Vecino Jmet al., Br J Anaesth 2018; 120: 734e44.
5. Weyland A & Scheeren T, 2012 Feb;47(2):92-100.

Physiologie und Pathophysiologie

Druck ≠ Fluss

- HZV: wesentliche hämodynamische Determinante des DO_2 [1,2]
- Ein adäquater MAP bedeutet nicht automatisch ein adäquates HZV (MAP - ZVD = HZV x SVR) [1,2]
- Zur Sicherstellung eines adäquaten Perfusionsdrucks, sollte der MAP einen gewissen Grenzwert nicht unterschreiten [1,2]

- Konzept EHM und GDT: Störungen der Homöostase frühzeitig erkennen und durch zielgerichtete Kreislauftherapie ein adäquates DO_2 gewährleisten, um Organschädigungen zu vermeiden



Determinanten des Sauerstoffangebots.
DO_2 = Sauerstoffangebot; HZV = Herzzeitvolumen; 1,34 = Hüfner-Zahl; Hb = Hämoglobin; SaO_2 = arterielle Sauerstoffsättigung

MAP: mittlerer arterieller Blutdruck; ZVD: Zentralvenöser Druck; SVR: systemischer Gefäßwiderstand

1. Book M et al., AINS, 2017; 52: 16–27.
2. Weyland A & Grüne F Anästh Intensivmed 2013;54:381-390.

Physiologie und Pathophysiologie

Ungleichgewicht zwischen DO_2 und VO_2

In der perioperativen Phase unterliegt der Kreislauf verschiedenen Einflüssen. Es gilt zu jeder Zeit ein adäquates DO_2 sicherzustellen

- Beeinträchtigung DO_2/VO_2 durch chirurgisches Trauma und hämodynamische Instabilität
  - Verletzung zellulärer Integrität führt zu systemischen Inflammationen und erhöhtem VO_2 [1]
  - Kreislaufinstabilität durch Anästhetika
  - Bei größeren Operationen: Volumenverschiebungen und Blutverluste
- Nutzen einer HZV-Bestimmung bzw. EHM bei ausgewählten Patienten und Operationen
  - Multimorbider Patient: Erhöhtes Risiko für Sauerstoffschuld und Organschädigungen wegen insuffizienten und/oder fehlenden Kompensationsmöglichkeiten [1]
  - Patienten mit hohem Risiko für Kreislaufinsuffizienz [2]
  - Zur Ursachenfeststellung und gezielten Volumen- und/oder Katecholamintherapie [2]

1. Vojnar B., Infoformationsreihe zur perioperativen Hypotonie und Hämodynamik, Update Wissen, 01/2020, ratiopharm GmbH, Ulm.
2. Hansen M, 2016 Oct;51(10):616-625.

EHM: erweitertes hämodynamisches Monitoring; GDT: Goal-directed therapy; DO_2: Sauerstoffangebot; VO_2: Sauerstoffverbrauch; MAP: Mittlerer arterieller Blutdruck

Intraoperative Kreislauf-überwachung

Indikation EHM

- Abhängig vom operativen Risiko und Vorerkrankungen des Patienten
- Unterschiede der Messverfahren
  - Invasivität
  - Aussagefähigkeit
  - Erhobene hämodynamischen Parameter
- Pulskonturanalyse: minimal-invasiv/ nicht-invasiv

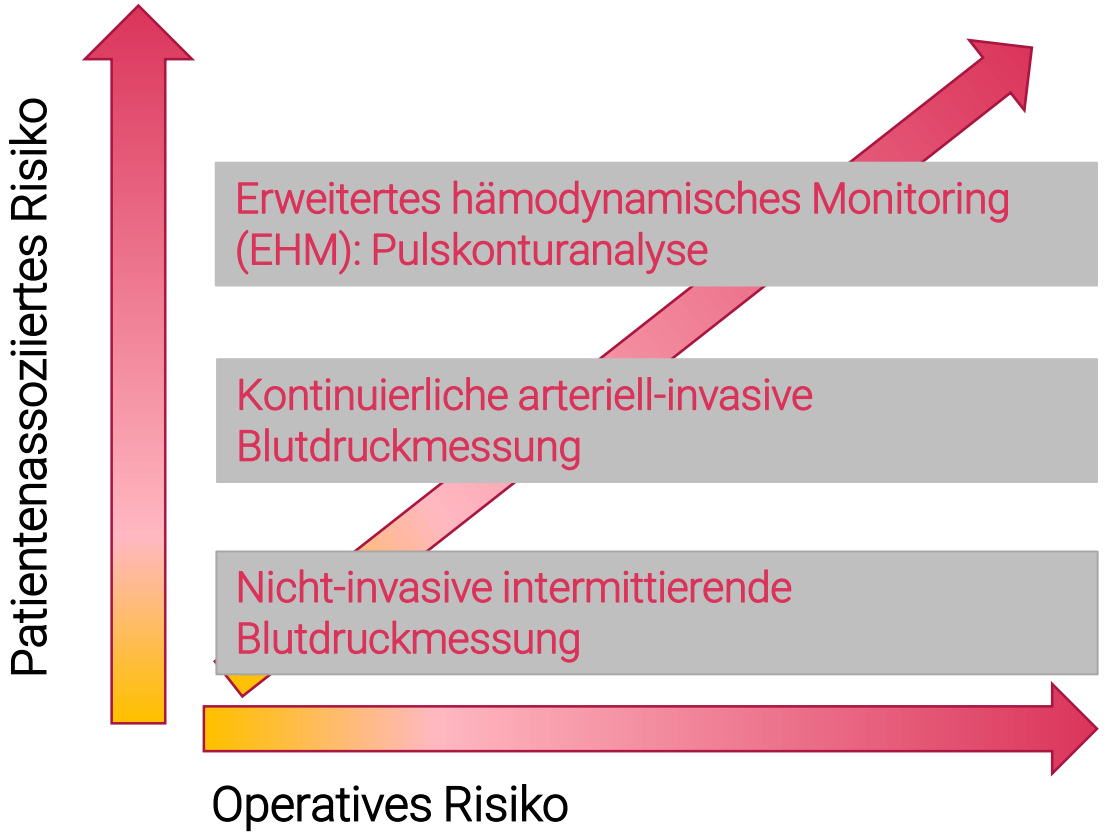


Abbildung: Entscheidung für EHM in Abhängigkeit vom operativen Risiko und von Vorerkrankungen des Patienten [1,2]

EHM: Erweitertes hämodynamisches Monitoring

1. Vojnar B., Infoformationsreihe zur perioperativen Hypotonie und Hämodynamik, Update Wissen, 01/2020, ratiopharm GmbH, Ulm
2. Frank P et al. AINS 2017; 52: 29–44.

Intraoperative Kreislaufüberwachung

Arterielle Pulskonturanalyse

HZV-Messung über Analyse der Pulskontur der arteriellen Druckkurve

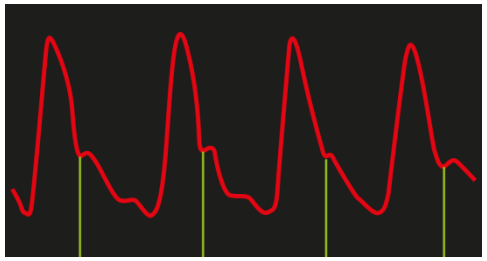


Abb.: Arterielle Pulswelle. Mit freundlicher Genehmigung der vygon gmbh & co. kg, copyright bei Vygon.

- Vorteile der Pulskonturanalyse im operativen Setting
  - Kontinuierliche Darstellung des HZV
  - Einfache Handhabung
  - Gering invasive oder nicht-invasive Methoden [1]
- Mögliche Nachteile: Komplikationen, Ressourcenverbrauch, Genauigkeit
- Voraussetzungen: Sinusrhythmus, keine hochgradigen Arrhythmien oder Vitien; Um Messartefakte durch spontane Atmungsaktivität auszuschließen: Vollständige Muskelrelaxierung oder sehr tiefe Sedierung, kontrollierte Beatmung (Tidalvolumen > 8ml/kg KG), Thorax ist geschlossen [2]

Von Experten für Experten:
Lesen Sie dazu mehr in der Informationsreihe zur perioperativen Hypotonie und Hämoynamik

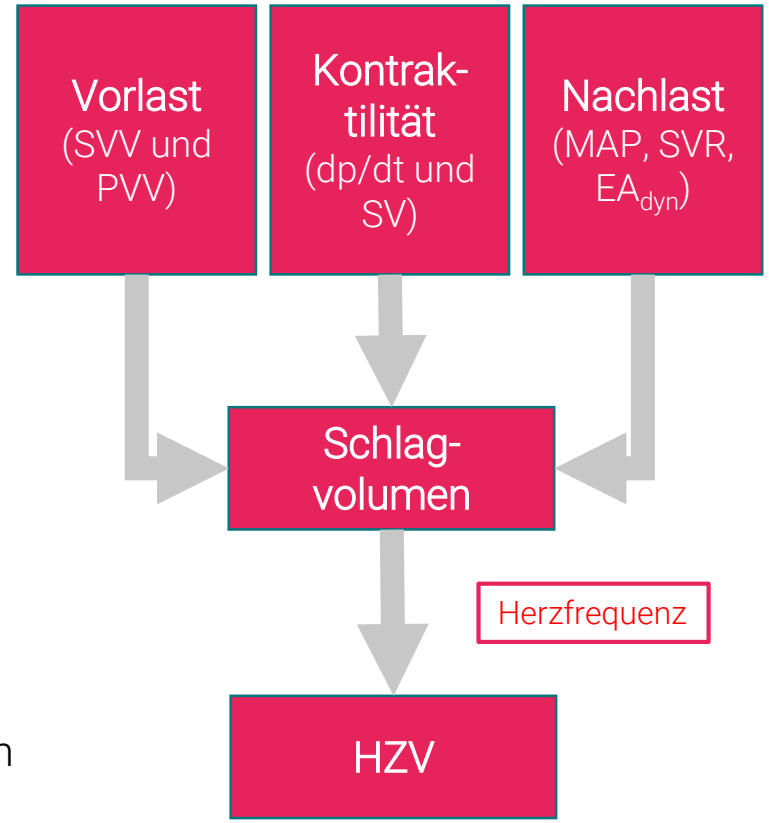
1. Bein B, Renner J., Best Pract Res Clin Anaesthesiol. 2019 Jun;33(2):139-153.
2. Vojnar B., Infoformationsreihe zur perioperativen Hypotonie und Hämodynamik, Update Wissen, 01/2020, ratiopharm GmbH, Ulm.

Intraoperative Kreislaufüberwachung

Welche Parameter werden herangezogen?

Von Experten für Experten:
Lesen Sie dazu mehr in der Informationsreihe zur perioperativen Hypotonie und Hämoynamik

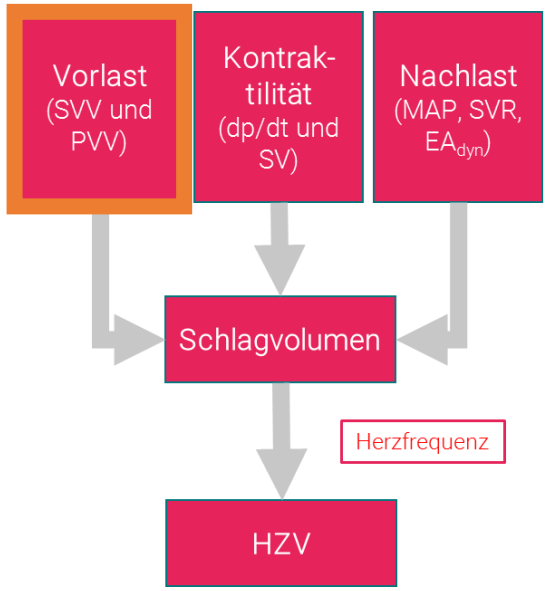
- Für den perioperativen Bereich reichen in der Regel [1]
  - Cardiac Index (CI)
  - Schlagvolumen (SV)
  - Schlagvolumenvarianz (SVV)
  - dP / dt $_{max}$ als Maß für die linksventrikulären Kontraktion
  - Arterieller Mitteldruck (MAP)
  - Systemischer vaskulärer Widerstand (SVR)
- Beachte: Je nach Patientenklientel, operativem Spektrum und der Expertise des Arztes gibt es Unterschiede in der Priorisierung der Parameter [1]



1. Vojnar B. Informationsreihe zur perioperativen Hypotonie und Hämodynamik, Expertenmeinung 04/2020, ratiopharm GmbH, Ulm.

Intraoperative Kreislaufüberwachung

Diagnostische Parameter für die Stellgröße **Vorlast** [1]



- SVV und PPV
  - Liegt durch inadäquate Vorlast ein reduzierter linksventrikulärer enddiastolischer Druck vor, variiert das Schlagvolumen und der Pulsdruck von Schlag zu Schlag [1]
  - Diese Schwankungen, um einen Mittelwert gemessen, werden von der SVV und PPV in Prozent angegeben [1]
    - Ein berechneter Wert von <12 Prozent wird als nicht pathologisch betrachtet.
    - Bei Werten ≥12 Prozent ist von einer reduzierten Vorlast auszugehen

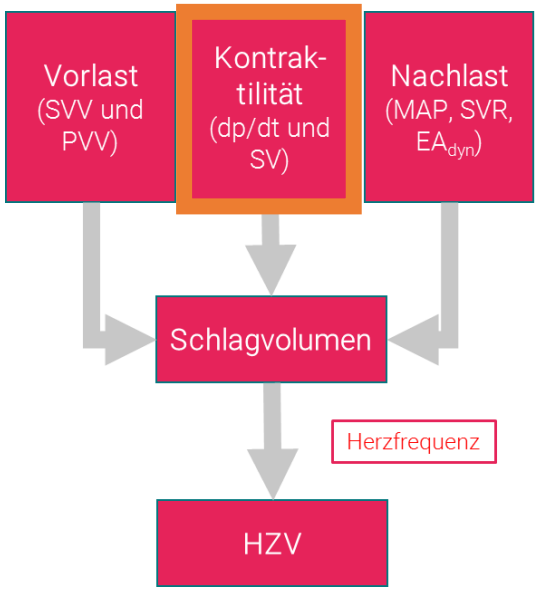
Cave: Da Arrhythmien (insbesondere Vorhofflimmern) ebenfalls eine unregelmäßige Füllung der Ventrikel bewirken, sind die SVV und PPV bei höhergradigen tachykarden Herzrhythmusstörungen nicht zuverlässig anzuwenden [1]

SVV: Schlagvolumenvariation; PPV: Pulsdruckvariation

1. Vojnar B. Informationsreihe zur perioperativen Hypotonie und Hämodynamik, Expertenmeinung 04/2020, ratiopharm GmbH, Ulm.

Intraoperative Kreislaufüberwachung

Diagnostische Parameter für die Stellgröße Kontraktilität [1]



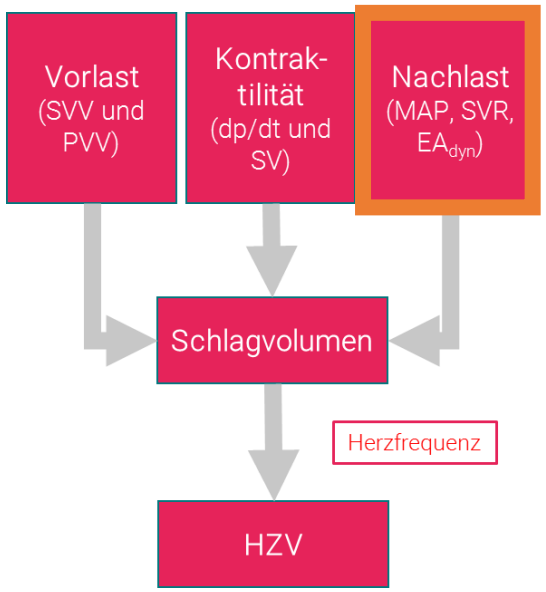
- Druckanstiegsgeschwindigkeit (dP/dt) und SV
  - Bewegen sich SVV und PPV im Normbereich, und ist das HZV dennoch reduziert, wird die Kontraktilität des linken Ventrikels beurteilt [1]
  - Parameter dP/dt
    - Beschreibt Druckanstiegsgeschwindigkeit der arteriellen Pulsdruckkurve [1]
    - Maß für die linksventrikuläre Kontraktilität [1]
    - Je steiler der Anstieg, desto höher die Kontraktilität [1]
    - Ist die Pumpkraft des linken Ventrikels reduziert, erfolgt der Druckanstieg der Pulsdruckkurve während der Systole entsprechend langsamer [1]
  - Zusätzlich kann der Trendverlauf des SV interpretiert werden [1]
    - Das linksventrikuläre SV berechnen die Monitore als Fläche unter der arteriellen Pulsdruckkurve. Es die Fläche bis zum Einsetzen der dikroten Welle. Die Inzisur der Pulsdruckkurve [1]

SV: Schlagvolumen SVV: Schlagvolumenvariation; PPV: Pulsdruckvariation; HZV: Herzzeitvolumen

1. Vojnar B. Informationsreihe zur perioperativen Hypotonie und Hämodynamik, Expertenmeinung 04/2020, ratiopharm GmbH, Ulm.

Intraoperative Kreislaufüberwachung

Diagnostische Parameter für die Stellgröße **Nachlast** [1]



- MAP, SVR und Ea_{dyn}
  - Die Nachlast entspricht dem SVR (oder indiziert SVRI) und dem MAP: Widerstand gegen den der linke Ventrikel das Blut bei jeder Systole auswirft [1]
  - Der SVR ist von der Dehnbarkeit der Aorta und den nachgeschalteten Arterien abhängig
  - In der Formel zur Berechnung des SVR finden sich das HZV, der MAP, der ZVD und ein spezifischer Umrechnungsfaktor [1]
  - Zusätzlich lässt sich die Dehnbarkeit der arteriellen Gefäße über den Parameter Ea_{dyn} bestimmen.
  - Ea_{dyn} steht für die Beziehung von PPV zu SVV und liefert einen Anhalt dafür, ob der Patient durch einen Flüssigkeitsbolus mit einem Anstieg des Schlagvolumens reagieren wird, oder eher nicht [1]

1. Vojnar B. Informationsreihe zur perioperativen Hypotonie und Hämodynamik, Expertenmeinung 04/2020, ratiopharm GmbH, Ulm.

MAP: mittlerer arterieller Blutdruck; SVR: systemischen vaskulären Widerstand; ZVD: zentraler Venendruck; Ea_{dyn}: dynamische arterielle Elastanz

Therapie-Algorithmus

Messen und Analysieren sind nur der erste Schritt. Die entscheidende Frage ist, welche Maßnahmen aus den erhobenen Messwerten abgeleitet werden [1]

Von Experten für Experten:
Lesen Sie dazu mehr in der Informationsreihe zur perioperativen Hypotonie und Hämoynamik

- Das postoperative Outcome kann nur dann verbessert werden, wenn Störungen der Homöostase früher als mit gewöhnlichen Überwachungsverfahren erkannt und die gemessenen Parameter zur Steuerung einer physiologisch begründeten Therapie eingesetzt werden [2]
- Wie ein therapeutischer Algorithmus aussieht, hängt von den infrastrukturellen Bedingungen und dem jeweiligen Patientenkollektiv ab [1]
- Die Interpretation klinischer Zeichen sollten einem Algorithmus immer vorangehen und zusätzlich erhobenen Befunde stets in die Behandlungsentscheidung einfließen [2]

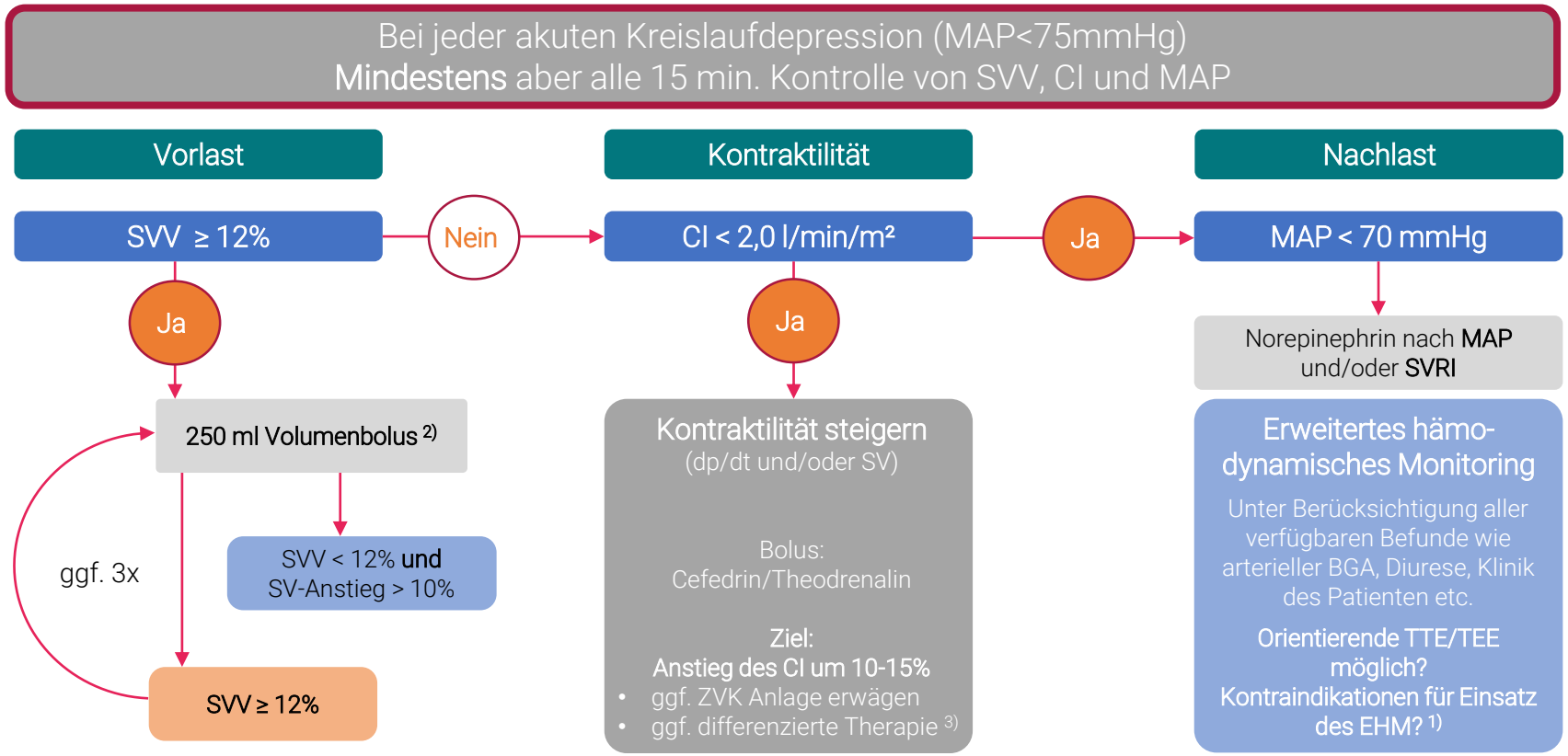
1. Vojnar B. Informationsreihe zur perioperativen Hypotonie und Hämodynamik, Expertenmeinung 05/2020, ratiopharm GmbH, Ulm.
2. Weyland A & Scheeren T, 2012 Feb;47(2):92-100.

Therapie-Algorithmus

MAP <75 mmHg

Ein MAP-Einstiegswert von 75 mmHg bietet einen Sicherheitspuffer, der auch bei rasch sinkendem Blutdruck ermöglicht, noch vor Erreichen einer kritischen Untergrenze (65 mmHg) einen geeigneten Therapieansatz einzuleiten

Der hier vorgeschlagene Algorithmus orientiert sich an den Variablen, die das SV beeinflussen: Vorlast, Kontraktilität und Nachlast [1]



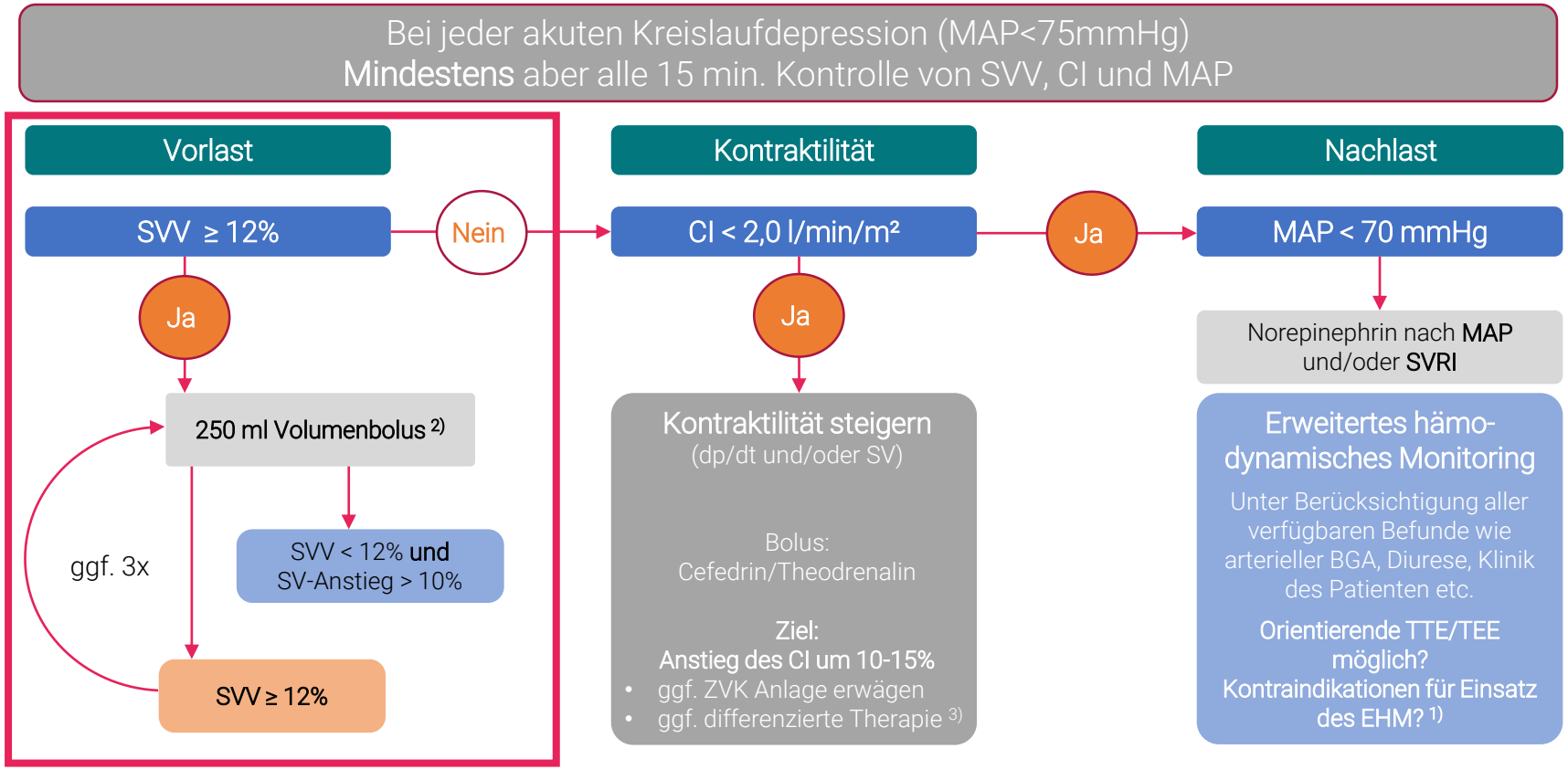
Therapie-Algorithmus, **BGA** = Blutgasanalyse; **CI** = Cardiac Index; **EHM** = erweitertes hämodynamisches Monitoring; **MAP** = mittlerer arterieller Blutdruck; **SV** = Schlagvolumen; **SVRI** = systemischer vaskulärer Widerstandsindex; **SVV** = Schlagvolumenvarianz; **TTE/TEE** = transthorale Echokardiographie/transösophageale Echokardiographie; **ZVK** = Zentraler Venenkatheter, mod. nach [2,3]
1) Voraussetzung: Sinusrhythmus, keine hochgradigen Arrhysthmien, Vitien, Thorax ist geschlossen. Vollständige Muskelrelaxierung oder sehr tiefe Sedierung. Kontrollierte Beatmung (Tidalvolumen > 8ml/kg KG). *Diese Angabe ersetzt nicht die Lektüre der jeweiligen Produktinformation.* **2)** Zu beachten: Risikobewertungsverfahren für Hydroxyethylstärke (HES) des BfArM und Querschnittsleitlinien (BÄK) zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten. **3)** siehe auch [2,3]

1. Vojnar B. Informationsreihe zur perioperativen Hypotoie und Hämodynamik, Expertenmeinung 05/2020, ratiopharm GmbH, Ulm.
2. Habicher M, et al: 2018,67:375–379.
3. Ponikowski P, et al: Eur Heart J 2016 Jul 14;37(27):2129–2200.

Therapie-Algorithmus

Volumengabe

Bevor vasoaktive Substanzen oder Katecholamine verabreicht werden, sollte eine Hypovolämie ausgeschlossen werden. Bei SVV-Werten ≥ 12% ist ein definierter Volumenbolus zu erwägen [1]



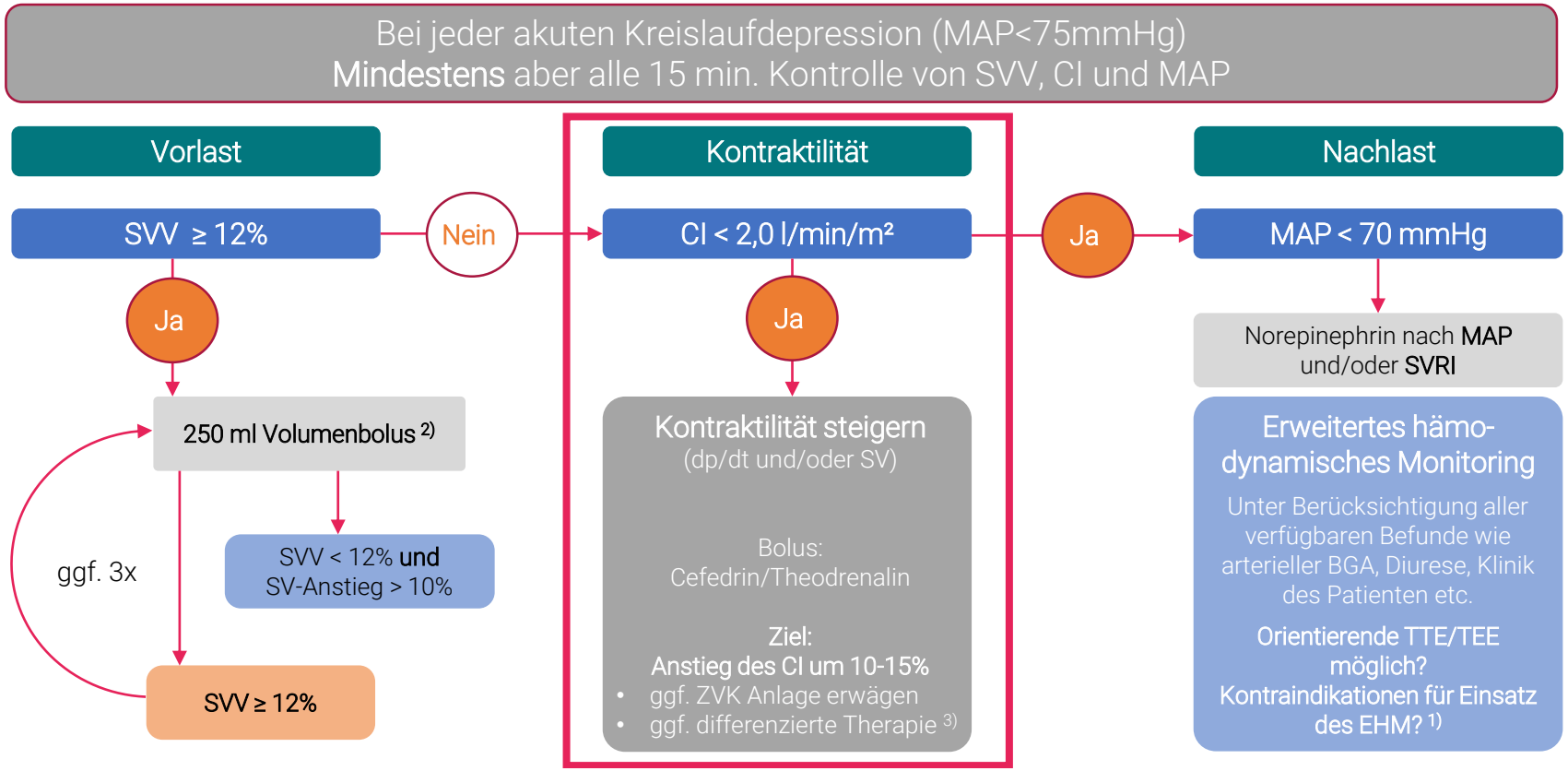
Therapie-Algorithmus, **BGA** = Blutgasanalyse; **CI** = Cardiac Index; **EHM** = erweitertes hämodynamisches Monitoring; **MAP** = mittlerer arterieller Blutdruck; **SV** = Schlagvolumen; **SVRI** = systemischer vaskulärer Widerstandsindex; **SVV** = Schlagvolumenvarianz; **TTE/TEE** = transthorale Echokardiographie/transösophageale Echokardiographie; **ZVK** = Zentraler Venenkatheter, mod. nach [2,3]
1) Voraussetzung: Sinusrhythmus, keine hochgradigen Arrhythmien, Vitien, Thorax ist geschlossen. Vollständige Muskelrelaxierung oder sehr tiefe Sedierung. Kontrollierte Beatmung (Tidalvolumen > 8ml/kg KG). *Diese Angabe ersetzt nicht die Lektüre der jeweiligen Produktinformation.* **2)** Zu beachten: Risikobewertungsverfahren für Hydroxyethylstärke (HES) des BfArM und Querschnittsleitlinien (BÄK) zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten. **3)** siehe auch [2,3]

1. Vojnar B. Informationsreihe zur perioperativen Hypotoie und Hämodynamik, Expertenmeinung 05/2020, ratiopharm GmbH, Ulm.
2. Habicher M, et al: 2018,67:375–379.
3. Ponikowski P, et al: Eur Heart J 2016 Jul 14;37(27):2129–2200.

Therapie-Algorithmus

Positiv inotrope Substanzen

Beim CI liegt der kritische Bereich < 2,0 l / min /m^2. Zur Kontrolle einer Therapie mit positiv inotrop wirkenden Medikamenten kann das SV oder der Parameter dP/dt$_{max}$ im Trendverlauf beurteilt werden. Ein Anstieg des SV und / oder von dP/dt$_{max}$ um 10 bis 15 Prozent ist vorerst ausreichend [1]



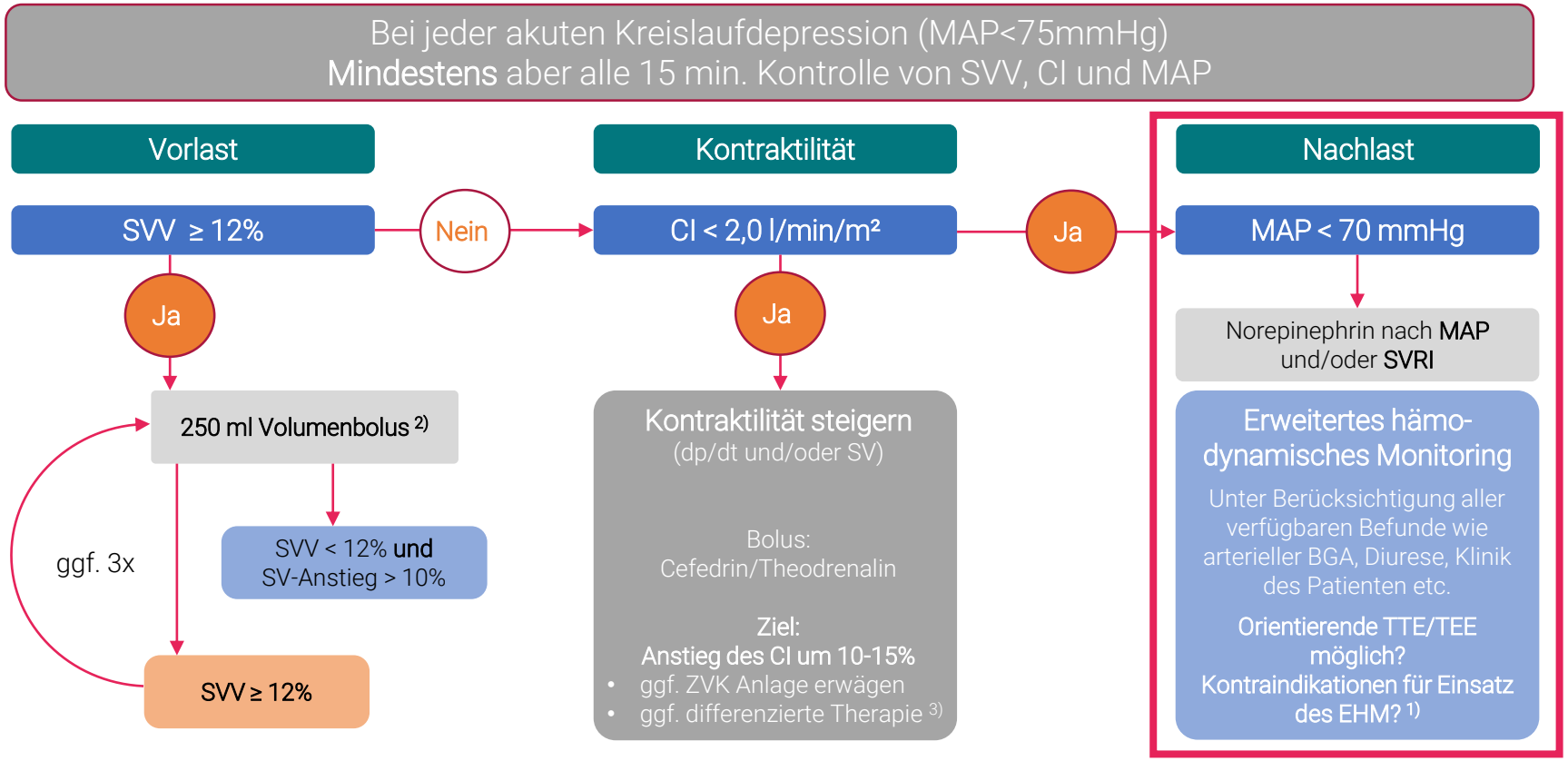
Therapie-Algorithmus, **BGA** = Blutgasanalyse; **CI** = Cardiac Index; **EHM** = erweitertes hämodynamisches Monitoring; **MAP** = mittlerer arterieller Blutdruck; **SV** = Schlagvolumen; **SVRI** = systemischer vaskulärer Widerstandsindex; **SVV** = Schlagvolumenvarianz; **TTE/TEE** = transthorale Echokardiographie/transösophageale Echokardiographie; **ZVK** = Zentraler Venenkatheter, mod. nach [2,3]
1) Voraussetzung: Sinusrhythmus, keine hochgradigen Arrhythmien, Vitien, Thorax ist geschlossen. Vollständige Muskelrelaxierung oder sehr tiefe Sedierung. Kontrollierte Beatmung (Tidalvolumen > 8ml/kg KG). *Diese Angabe ersetzt nicht die Lektüre der jeweiligen Produktinformation.* **2)** Zu beachten: Risikobewertungsverfahren für Hydroxyethylstärke (HES) des BfArM und Querschnittsleitlinien (BÄK) zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten. **3)** siehe auch [2,3]

1. Vojnar B. Informationsreihe zur perioperativen Hypotoie und Hämodynamik, Expertenmeinung 05/2020, ratiopharm GmbH, Ulm.
2. Habicher M, et al: 2018,67:375–379.
3. Ponikowski P, et al: Eur Heart J 2016 Jul 14;37(27):2129–2200.

Therapie-Algorithmus

Vasopressoren/ Katecholamine

Wenn kein ZVK etabliert ist, lässt sich der SVR nicht exakt ermitteln. Im Trendverlauf kann er jedoch zur Therapieentscheidung mit herangezogen werden. Mit Hilfe des SVRI lässt sich die Therapie mit vasoaktiven Katecholaminen steuern. Angesichts des ungünstigen Nebenwirkungsprofils „so wenig wie möglich und nur so lang wie nötig“ [1]



Therapie-Algorithmus, **BGA** = Blutgasanalyse; **CI** = Cardiac Index; **EHM** = erweitertes hämodynamisches Monitoring; **MAP** = mittlerer arterieller Blutdruck; **SV** = Schlagvolumen; **SVRI** = systemischer vaskulärer Widerstandsindex; **SVV** = Schlagvolumenvarianz; **TTE/TEE** = transthorale Echokardiographie/transösophageale Echokardiographie; **ZVK** = Zentraler Venenkatheter, mod. nach [2,3]
1) Voraussetzung: Sinusrhythmus, keine hochgradigen Arrhysthmien, Vitien, Thorax ist geschlossen. Vollständige Muskelrelaxierung oder sehr tiefe Sedierung. Kontrollierte Beatmung (Tidalvolumen > 8ml/kg KG). *Diese Angabe ersetzt nicht die Lektüre der jeweiligen Produktinformation.* **2)** Zu beachten: Risikobewertungsverfahren für Hydroxyethylstärke (HES) des BfArM und Querschnittsleitlinien (BÄK) zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten. **3)** siehe auch [2,3]

1. Vojnar B. Informationsreihe zur perioperativen Hypotoie und Hämodynamik, Expertenmeinung 05/2020, ratiopharm GmbH, Ulm.
2. Habicher M, et al: 2018,67:375–379
3. Ponikowski P, et al: Eur Heart J 2016 Jul 14;37(27):2129–2200

Perioperatives hämodynamisches Management: FAZIT

Optimiertes hämodynamisches Management kann das postoperative Outcome verbessern [1]

- Entscheidung für EHM wird in Abhängigkeit vom operativen Risiko und von Vorerkrankungen des Patienten getroffen [1]
- EHM ist nur sinnvoll in Verbindung mit Therapiealgorithmen, die auf die gemessenen Parameter Bezug nehmen [1]
- Es gibt nicht den einen Algorithmus: ein individueller Algorithmus ist sinnvoll, der die Ressourcen der eigenen Abteilung abdeckt [1]
- Die Interpretation klinischer Zeichen sollte dem Algorithmus immer vorangehen und zusätzlich erhobene Befunde stets in die Behandlung einfließen [1]

EHM: Erweitertes hämdodynamisches Monitoring

1. Vojnar B. Informationsreihe zur perioperativen Hypotoie und Hämodynamik, Expertenmeinung 05/2020, ratiopharm GmbH, Ulm.

Akrinor® 200 mg/2 ml + 10 mg/2 ml Injektionslösung

Wirkstoff: Cafedrin-HCl/Theodrenalin-HCl. **Zusammensetzung:** Jede Amp. mit 2 ml Injektionslsg. enth.: 200 mg Cafedrinhydrochlorid, 10 mg Theodrenalinhydrochlorid. **Sonst. Bestandt.:** Natriummetabisulfit (Ph. Eur.) max. 0,4 mg (entspr. max. 0,27 mg SO2), Ethanol 96 %, Glycerol 85 %, Natriumacetat-Trihydrat, Essigsäure 99 %, Wasser für Injektionszwecke. Natriumhydroxid (zur pH-Wert-Einstellung), Essigsäure (zur pH-Wert-Einstellung). **Anwendungsgebiete:** Therapie anästhesiebedingter klinisch relevanter Blutdruckabfälle bei Erw., Therapie klinisch relevanter Hypotonien in der Notfallmedizin bei Erw. **Gegenanzeigen:** Überempfindlichkeit gg. Cafedrinhydrochlorid, Theodrenalinhydrochlorid, Natriummetabisulfit od. einen d. sonst. Bestandt., Hypertonie, Mitralstenose, Engwinkelglaukom, Hyperthyreose, Phäochromozytom, Prostataadenom mit Restharnbildung, Bronchialasthmatiker mit Sulfitüberempfindlichkeit. **Warnhinw.:** AM enth. 12 Vol.-% Alkohol, Natriummetabisulfit (Ph. Eur.) max. 0,4 mg (entspr. max. 0,27 mg SO2) u. weniger als 1 mmol (23 mg) Natrium pro Ampulle. **Schwangerschaft/Stillzeit:** Akrinor darf nicht währ. der Schwangerschaft angewendet werden, es sei denn, dies ist eindeutig erforderl. Bei Anwendung in der Stillzeit ist Vorsicht geboten. **Nebenwirkungen:** Herzklopfen, bes. bei schweren Herzgefäßerkrank. sind pektanginöse Beschwerden bzw. deren Verstärkung u. ventrikuläre Rhythmusstör. mögl. Tachykardie u. Hypertonie. Bes. Hinw.: Natriummetabisulfit kann selten schwere Überempfindlichkeitsreakt. hervorrufen (insb. bei Bronchialasthmatikern), die sich als Erbrechen, Durchfall, Bronchospasmen, keuchende Atmung, akuter Asthmaanfall, Bewusstseinsstör. od. Schock äußern können. Verkehrshinweis! **Wechselwirkungen:** Beta-Blocker, DL-Norephedrin u. Ephedrin, Halothan. Währ. u. bis zu 2 Wo. nach Einn. v. MAO-Hemm. soll Akrinor nicht angew. werden. Natriumdisulfit ist eine sehr reakt.-fähige Verbindung. Es muss damit gerechnet werden, dass m. Akrinor zus. verabreichtes Thiamin (Vit. B1) abgebaut wird. **Dosierung:** Die i.v. Gabe sollte nach klinischer Wirkung fraktioniert erfolgen: z.B. nach Verdünnung mit NaCl 0,9% Lösung auf 10 ml in Einzelgaben von 1 ml dieser verdünnten Lösung. Max. TD beträgt 3 Amp. Injektionslösung kann i.m. und i.v. angewendet werden. **Status:** Verschreibungspflichtig. **Stand:** 8/19. ratiopharm GmbH, Graf-Arco-Str. 3, 89079 Ulm

ratiopharm

eine Marke von teva

AKRINOR®

Bewährt. Vertraut. Verlässlich.

Weitere Informationen finden Sie unter www.akrinor.de