

Med Klin Intensivmed Notfmed 2025 · 120:185–191
<https://doi.org/10.1007/s00063-024-01109-z>
 Eingegangen: 8. November 2023
 Überarbeitet: 16. Dezember 2023
 Angenommen: 2. Januar 2024
 Online publiziert: 12. Februar 2024
 © The Author(s) 2024

Redaktion

Michael Buerke, Siegen



Septische Kardiomyopathie – Diagnostik und Schweregradabschätzung

Ursula Müller-Werdan¹ · Alexander Vogt² · Karl Werdan²¹ Medizinische Klinik für Geriatrie und Altersmedizin, Charité – Universitätsmedizin Berlin und EGZB Berlin, Berlin, Deutschland² Klinik und Poliklinik für Innere Medizin 3, Universitätsklinikum Halle (Saale), Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale), Deutschland**Zusammenfassung**

Hintergrund: Die septische Kardiomyopathie (sKM) wird in ihrer Relevanz häufig unterschätzt. Die Unterschätzung basiert auf der komplexen Schädigung des Herzens und der Schwierigkeit, den Schweregrad der Funktionseinschränkung zu quantifizieren.

Ziel der Arbeit: Darstellung der methodischen Möglichkeiten zur Diagnosestellung und Schweregradquantifizierung der sKM.

Methodik: Literatursichtung und Analyse der wesentlichen Ergebnisse.

Ergebnisse: Die sKM ist charakterisiert sowohl durch eine systolische als auch diastolische Funktionsstörung nicht nur des linken, sondern auch des rechten Ventrikels sowie durch eine Sinustachykardiomyopathie (≥ 90 –95 Schläge/min) variablen Ausmaßes. „Sepsis-related organ failure assessment“ (SOFA)Score, linksventrikuläre Auswurfraction (LVEF), EKG und kardiale Biomarker sind zur Schweregradquantifizierung nicht hilfreich. Erforderlich dazu ist entweder eine „komplexe“ Echokardiographiediagnostik oder die Bestimmung globaler Herzleistungsparameter, die die Nachlastabhängigkeit des Herzzeitvolumens (HZV) bei der ausgeprägten Vasodilatation in der Sepsis und im septischen Schock berücksichtigen. Ein entsprechender, mittels HZV-Messung zu ermittelnder Parameter ist „afterload-related cardiac performance“ (ACP), der den Prozentsatz des HZV des Sepsispatienten bei dem jeweiligen Gefäßwiderstand in Relation zum HZV eines gesunden Herzens angibt. Die ACP-Bestimmung zeigt, dass mindestens jeder zweite Sepsispatient eine Herzfunktionseinschränkung aufweist und dass diese mit zunehmendem Schweregrad die Sterblichkeit erhöht.

Diskussion: Einfache Parameter wie die LVEF sind zur Diagnostik und Schweregradklassifizierung der sKM nicht hilfreich. Dazu sind entweder „komplexe“ Echokardiographiemessungen oder – am besten validiert – die ACP-Bestimmung geeignet.

Schlüsselwörter

Linksventrikuläre Auswurfraction (LVEF) · „Afterload-related cardiac performance“ (ACP) · Sinustachykardiomyopathie · Myokardialer Performanzindex (MPI) · Ventrikuloarterielle Kopplung (VAC)

Zusatzmaterial online

Zusätzliche Informationen sind in der Online-Version dieses Artikels (<https://doi.org/10.1007/s00063-024-01109-z>) enthalten.

Gender-Hinweis

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit und Verständlichkeit des Texts wurde das generische Maskulinum als geschlechtsneutrale Form verwendet. Diese Form impliziert alle Geschlechter.



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Hintergrund

Der septische Schock ist nicht nur Folge eines Kreislaufschocks, sondern auch einer septischen Kardiomyopathie. Zur Quantifizierung dieser Herzschränkung ist die Bestimmung der linksventrikulären Auswurfraction nicht zielführend; vielmehr muss die Abhängigkeit des Herzzeitvo-

lumen von der septischen Vasoplegie (Nachlastsenkung) berücksichtigt werden. Die Messung der „afterload-related cardiac performance“ (ACP) berücksichtigt diese Abhängigkeit und zeigt an, welchen Prozentsatz das Herz des Septikers im Vergleich zum Herzzeitvolumen eines gesunden Herzens noch leisten kann.

SCHÄDIGUNG	HÄUFIGKEIT
<ul style="list-style-type: none"> Linker Ventrikel ⇒ systolische Dysfunktion (↓/↑) ca. 10 - 70 % ⇒ diastolische Dysfunktion ca. 20 - 80 % 	ca. 10 - 80 %
<ul style="list-style-type: none"> Rechter Ventrikel ⇒ systolische + diastolische Dysfunktion 	ca. 30 %
<ul style="list-style-type: none"> Sinustachykardiomyopathie (initial ≥90/min)* 	ca. 30 %
<ul style="list-style-type: none"> Kardiale autonome Dysfunktion (u.a. HRV ↓)** 	„100 %“
<ul style="list-style-type: none"> Koronarien: ⇒ Koronarfluss – RR-bezogen - nicht vermindert 	
<ul style="list-style-type: none"> Herz: ⇒ zytopathische Hypoxie ⇒ Mikrozirkulationsstörung 	
<ul style="list-style-type: none"> Arrhythmien (Vorhofflimmern*** bis zu 25%) 	

Abb. 1 ◀ Septische Kardiomyopathie – Formen der Funktionseinschränkung. „HÄUFIGKEIT“: Literaturzusammenstellung; *[10]; **[20]; ***[3]. Ausführliche Informationen in [1, 25, 26]

LVEF (%)	Normale LVEF (55-70; Median 60)	Erniedrigte LVEF (<55; Median 45)	Hyperdynamie LVEF (>70; Median 75)
Herzindex (l x min ⁻¹ x m ⁻²)	3,4	2,2	4,5
Schlagvolumen (ml)	80	60	88
Gefäßwiderstand (dyn x s x cm ⁻⁵)	871	1338	579
Häufigkeit	66,8 %	16,0 %	17,3 %
90-Tage-Letalität	24,7 % OR 0,34 [0,19-0,59]	34 % OR 0,62 [0,28-1,37]	58,9 % OR 3,90 [2,09-7,40]

Abb. 2 ▲ Prognostische Bedeutung der linksventrikulären Auswurfraction (LVEF) bei 1014 Patienten mit Sepsis (21,4% septischer Schock; 90 Tage-Letalität 32,1%). Zusammenstellung der Daten nach [5]

Septischer Kreislaufschock und septische Kardiomyopathie

Sepsis¹ und septischer Schock stellen eine der Haupttodesursachen auf Intensivstationen dar mit weiterhin hoher Letalität und ohne nennenswerte Therapiefortschritte in den letzten Jahren. Der septische Schock wird heutzutage immer noch überwiegend als Kreislaufschock gewertet mit Gefäßparalyse und konsekutiver Hypotonie, Gefäß-Leakage und vermindertem Ansprechen auf Vasopressoren. Der Herzschiädigung in der Sepsis wird dagegen weit weniger Beachtung geschenkt, obwohl diese zum Teil sehr ausgeprägte Herzfunktionseinschränkung bereits vor mehr als 30 Jahren von Parrillo und Mitarbeitern ausführlich beschrieben worden ist [19]. Diese Herzschiädigung in der Sepsis lässt sich als „septische Kardiomyopathie“ klassifizieren, als eine

¹ Gemeint mit „Sepsis“ ist durchgehend im Text die aktuelle Sepsisdefinition „lebensbedrohliche Organdysfunktion verursacht durch eine fehlgeleitete Wirtsaktion auf die Infektion“ (Sepsis-3, [21]), die in etwa der früheren Definition der „schweren Sepsis“ entspricht.

sekundäre Form der Kardiomyopathie mit der Schädigung des Organs Herz im Rahmen der Systemerkrankung Sepsis [15].

Septische Kardiomyopathie – nicht nur eine systolische Herzinsuffizienz!

Das Schädigungsmuster der septischen Kardiomyopathie ist komplex und individuell unterschiedlich schwer ausgeprägt (Abb. 1; [1, 16, 26]). Es findet sich nicht nur eine systolische, sondern auch eine diastolische Funktionseinschränkung sowohl des linken als auch des rechten Ventrikels. Besteht darüber hinaus initial – noch ohne Katecholamintherapie – eine Sinustachykardiomyopathie mit Herzfrequenzen ≥ 90–95 Schlägen/min, so verschlechtert sich die Prognose weiterhin. Die Sinustachykardiomyopathie ist Ausdruck einer kardialen autonomen Dysfunktion, die man an der hochgradig eingeschränkten Herzfrequenzvariabilität erkennen kann. Dabei ist der koronare Blutfluss blutdruckbezogen nicht vermindert, sondern sogar eher aufgrund der dilatierten Koronargefäße gesteigert. Allerdings muss

davon ausgegangen werden, dass auch am Herzen Mikrozirkulationsstörungen vorliegen und ebenso eine zytopathische Hypoxie (gestörte Sauerstoffverwertung aufgrund einer Mitochondrienschädigung durch Sepsismediatoren; [16, 25, 26]).

Erfreulicherweise kann die septische Kardiomyopathie innerhalb von wenigen Tagen reversibel sein [16].

Wenig hilfreich: Leitlinien, SOFA-Score, linksventrikuläre Auswurfraction (LVEF), ...

Bei einer so komplexen Organschädigung wie der septischen Kardiomyopathie ist nicht zu erwarten, dass mit einem einzelnen Parameter der Schweregrad der Funktionseinschränkung ausreichend abgeschätzt werden kann. Dementsprechend findet sich weder in der internationalen [7] noch in der nationalen [4] Sepsisleitlinie eine konkrete Angabe dazu. Und auch der SOFA-Score [23] hilft hier nicht weiter: Mit der Punktevergabe der kardiovaskulären Komponente für Blutdruck und Intensität der Vasopressortherapie lässt sich zwar das Ausmaß des septischen Kreislaufschocks abschätzen, keinesfalls aber der Schweregrad der septischen Kardiomyopathie!

Bedauerlicherweise hilft auch die echokardiographische Bestimmung der linksventrikulären Auswurfraction (LVEF) nicht weiter (Abb. 2): Nicht eine erniedrigte LVEF war mit einer signifikant höheren Letalität korreliert, sondern eine hyperdynamische LVEF! Als Erklärung dafür schlagen die Autoren der Studie [5] die unkontrollierte Vasoplegie bei den Patienten mit hyperdynamischer LVEF vor, erkennbar an dem stark erniedrigten Gefäßwiderstand (Abb. 2).

Spezifische EKG-Zeichen der septischen Kardiomyopathie gibt es nicht. Im Röntgenbild des Thorax kann sich eine transiente Herzvergrößerung [16] zeigen. Bei 30–85% der Sepsispatienten finden sich zumindest leicht erhöhte Troponinwerte mit höheren Werten (Troponin I 0–160 ng/ml) bei höhergradiger Herzschiädigung als bei fehlender Herzschiädigung (Troponin I 0–40 ng/ml), allerdings bei breiter Überlappung [24, 28]. Natriuretische Peptide können in der Sepsis beträchtliche Anstiege zeigen (Median 6000 pg/ml; In-

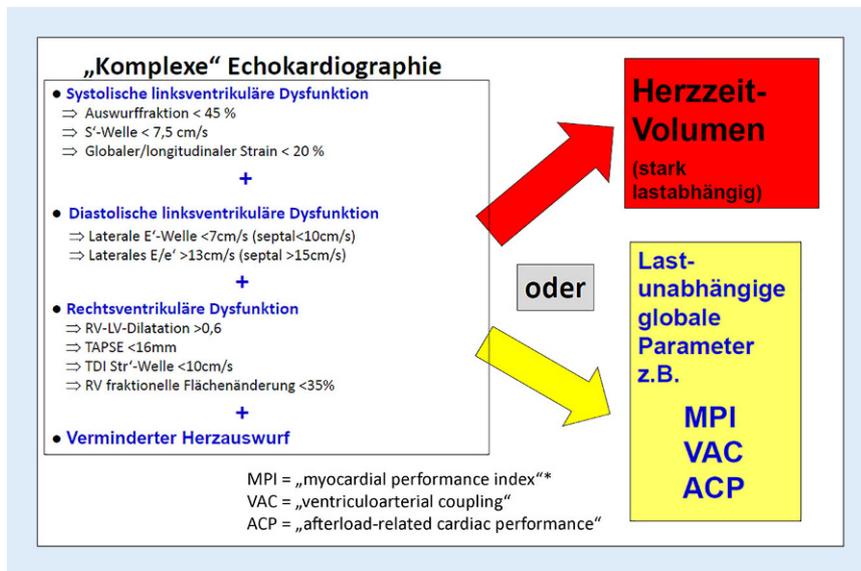


Abb. 3 ▲ Erfassung der Pumpfunktionseinschränkung der septischen Kardiomyopathie mittels „komplexer“ Echokardiographie und mittels globaler Pumpfunktionsparameter. Die Zusammenstellung der echokardiographischen Parameter im Sinne der „komplexen“ Echokardiographie erfolgte nach [2]. *Vorlastunabhängig, aber nachlastabhängig

terquartilenbereich 1000–16.000 pg/ml); bei systolischer/diastolischer Dysfunktion finden sich höhere Werte (Median 10.000 pg/ml) als bei fehlender kardialer Dysfunktion (Median 1000 pg/ml; [12]).

Alternativen – „komplexe“ Echokardiographie und (weitgehend) lastunabhängige globale Parameter

„Komplexe“ Echokardiographie

Will man die Pumpfunktionseinschränkung der septischen Kardiomyopathie echokardiographisch möglichst in Gänze erfassen, so müssen systolische und diastolische Funktion sowohl des linken als auch des rechten Ventrikels erfasst werden, was nur unter Einbeziehung von Parametern der Gewebe-Doppler-Echokardiographie als auch des „strain/speckle tracking“ möglich ist. Ein entsprechender Vorschlag von Boissier und Aissaoui [2] findet sich in **Abb. 3**, wobei diese Autoren aber auch auf die Limitationen dieses Vorgehens vor allem bei Intensivpatienten und die erforderliche echokardiographische Erfahrung der Untersucher nachdrücklich hinweisen. Und selbst bei optimaler Erfassung aller Parameter stellt sich die bisher ungelöste Frage, in welcher Weise die Ergebnisse in eine Aussage zum Schwere-

grad der Herzfunktionseinschränkung gebracht werden können. Somit ist es mit der „komplexen“ Echokardiographie auch nicht möglich, eine Aussage zur prognostischen Bedeutung der Herzschränkung zu treffen.

(Weitgehend) lastunabhängige globale Parameter

In der Sepsis und vor allem im septischen Schock kann das Herzzeitvolumen (HZV) nicht isoliert betrachtet werden, sondern nur – aufgrund der sepsisbedingten Vasoplegie mit Vasodilatation – in Relation zum systemischen Gefäßwiderstand („systemic vascular resistance“, SVR): Mit zunehmender Absenkung des SVR muss zur Stabilisierung des Blutdrucks das HZV kompensatorisch ansteigen (**Abb. 4**). Demzufolge muss das HZV um die Lastabhängigkeit korrigiert werden. Dies ist mit den Parametern „myokardialer Performanzindex“ („myocardial performance index“, MPI), „ventrikuloarterielle Kopplung“ („ventriculoarterial coupling“, VAC) und nachlastbezogene Herzperformanz („afterload-related cardiac performance“, ACP) mehr oder weniger möglich [1, 2].

⇒ **MPI**: LV-MPI und RV-MPI sind definiert als die mittels Gewebe-Doppler bestimmte Summe der isovolumetrischen Kontraktions- und Relaxationszeit dividiert

durch die Auswurfzeit. Geringere Werte (LV-MPI normalerweise etwa 0,5) zeigen eine bessere globale LV-Funktion an. LV-MPI ist unabhängig von der Vorlast, der Herzfrequenz und moderatem PEEP [18], aber abhängig von der Nachlast [13]. In Beobachtungsstudien wurde sowohl dem LV-MPI [18] als auch dem RV-MPI [9] eine prognostische Bedeutung zugeschrieben.

⇒ **VAC** beschreibt das Verhältnis von arterieller (Ea) und ventrikulärer (Ees) Elastanz. Die Bestimmung der VAC (Ea/Ees) ist sowohl invasiv als auch echokardiographisch möglich [17]. Der Normalwert liegt bei $1 \pm 0,36$ (Median \pm Interquartilenbereich; [8]). Zumindest jeder vierte Patient mit Sepsis/septischem Schock zeigt initial einen erhöhten Ea/Ees-Wert $\geq 1,36$ [8, 17]. Eine Abnahme des erhöhten Ea/Ees-Werts korrelierte bei Patienten mit septischem Schock mit einer Zunahme des Schlagvolumens und einer Abnahme der erforderlichen Noradrenalin-Dosierung [14].

⇒ Der Stellenwert der **ACP-Bestimmung** wird im nächsten Abschnitt ausführlich beschrieben.

Septische Kardiomyopathie – ACP quantifiziert Schweregrad

Sepsis und septischer Schock sind durch eine ausgeprägte Vasoplegie mit Vasodilatation und einem erniedrigten SVR (Normalwert ca. $1000\text{--}1100 \text{ dyn} \times \text{cm}^{-5} \times \text{s}$) mit Blutdruckabfall charakterisiert. Zur Blutdruckstabilisierung kann ein nicht durch die Sepsis geschädigtes Herz bei SVR-Abfall sein HZV beträchtlich steigern (rote Linie in **Abb. 4**). Für einen bestimmten SVR-Wert findet sich allerdings bei Sepsispatienten eine breite Streuung der HZV-Werte als Ausdruck einer unterschiedlich ausgeprägten Herzfunktionseinschränkung. In Relation zur roten Linie kann für jeden gemessenen HZV-Wert berechnet werden, welchen Anteil in Prozent das sepsisgeschädigte Herz in Relation zum HZV eines gesunden Herzens noch erbringen kann. Dieser prozentuale Anteil wird durch „afterload-related cardiac performance“ (ACP) wiedergegeben. Für einen SVR von $500 \text{ dyn} \times \text{cm}^{-5} \times \text{s}$ liegt das HZV eines gesunden Herzens bei $10 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$. Liegt das HZV des Sepsispatienten bei diesem SVR bei

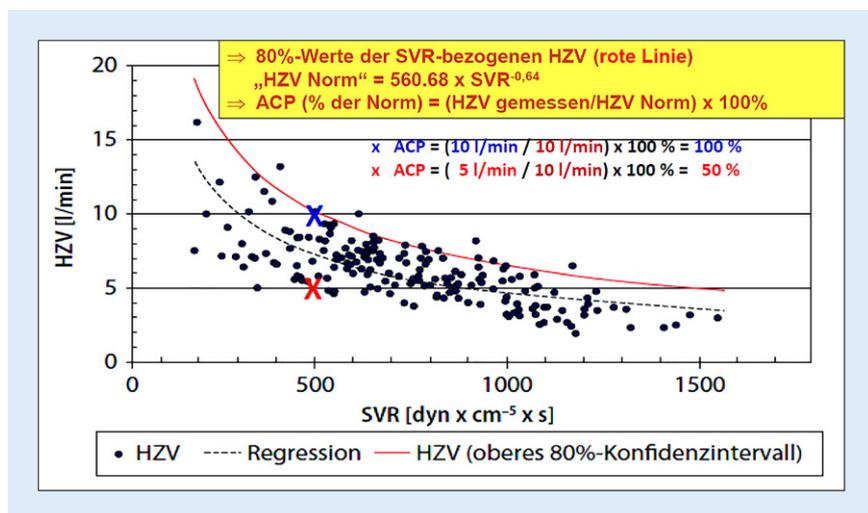


Abb. 4 ▲ Berechnung der nachlastbezogenen Herzperformanz („afterload-related cardiac performance“, ACP) bei 24 Patienten mit septischem Multiorgandysfunktionssyndrom (MODS). Bei 24 Patienten mit septischem MODS wurde mehrfach im Krankheitsverlauf das HZV gemessen [24]. Die durchgezogene rote Linie ($\{ \text{HZV Norm} \} = 560,68 \times \{ \text{SVR} \}^{-0,64}$) entspricht dem HZV (oberes 80%-Konfidenzintervall) eines nicht oder nicht wesentlich durch die Sepsis geschädigten Herzens des Sepsispatienten bei dem jeweiligen SVR-Wert. Aufgetragen wurden die gemessenen HZV-Werte gegen die jeweiligen berechneten SVR-Werte. Weitere Erläuterungen siehe Text und [24]. ACP „afterload-related cardiac performance“, HZV Herzzeitvolumen, SVR „systemic vascular resistance“ (Ergänzt nach [24])

$5 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$, so beträgt der ACP-Wert $5 \text{ l} \times \text{min}^{-1} / 10 \text{ l} \times \text{min}^{-1} \times 100 \% = 50 \%$. Beträgt das gemessene HZV des Sepsispatienten bei diesem SVR dagegen $10 \text{ l} \times \text{min}^{-1}$, so beträgt der ACP-Wert $10 \text{ l} \times \text{min}^{-1} / 10 \text{ l} \times \text{min}^{-1} \times 100 \% = 100 \%$, sodass bei diesem Patienten keine sepsisbedingte Schädigung der Herzfunktion vorliegen würde (ACP = 100 %).

Auf der Intensivstation wird das HZV üblicherweise invasiv (PiCCO, Pulmonalarterienkatheter) gemessen. Aber auch die nichtinvasive Bestimmung z. B. in der Notaufnahme mittels Task Force® Monitor (CNsystems, Graz, Österreich) ist möglich [27]. Die ACP-Berechnung (Abb. 4; siehe auch Zusatzmaterial online) kann in Patientendatenmanagementsysteme integriert werden, sodass bei Eingabe von Blutdruck (RR), HZV und zentralem Venendruck (ZVD) Werte für HZV, SVR und ACP angezeigt werden.

Neben der Nachlastabhängigkeit des HZV bei Sepsispatienten beeinflussen sicherlich auch noch weitere Faktoren – vor allem Vorlast, Herzfrequenz, wahrscheinlich auch Alter und Geschlecht – in nicht unerheblichem Maße die Herzleistung des Sepsispatienten. Unser aktuelles ACP-Konzept berücksichtigt derzeit explizit nur die Nachlast. Der Einfluss der Vorlast wird bei

einer adäquaten Volumensubstitution abgeschwächt und darüber hinaus geht der zentrale Venendruck in die Berechnung des SVR mit ein (siehe Zusatzmaterial online).

Nach der Validierung und Erstbeschreibung der ACP-Bestimmung [24] haben mittlerweile mehrere Arbeitsgruppen das ACP-Konzept aufgegriffen und dessen prognostische Relevanz bei Sepsis/septischem Schock bestätigt (siehe nächsten Abschnitt; [6, 22, 27, 30]). Und auch bei der chronischen Herzinsuffizienz liefert die ACP-Bestimmung valide Informationen zur Prognose der Patienten [29].

Die septische Kardiomyopathie erhöht das Letalitätsrisiko!

Anhand des ACP-Werts wurde das Ausmaß der Funktionseinschränkung der septischen Kardiomyopathie in der Erstbeschreibung [24] folgendermaßen klassifiziert: ACP > 80 %: keine („no“) Funktionseinschränkung; $60 \% < \text{ACP} \leq 80 \%$: leichte („slight“) Funktionseinschränkung; $40 \% < \text{ACP} \leq 60 \%$: mäßige („moderate“) Funktionseinschränkung; ACP ≤ 40 %: schwere („severe“) Funktionseinschränkung.

Abb. 5 zeigt in 3 Studien Häufigkeit und 28-Tage-Letalität der verschiedenen Funktionseinschränkungen der septischen Kardiomyopathie klassifiziert anhand des ACP-Werts: Bei allen 3 Studien ist die 28-Tage-Sterblichkeit bei Fehlen einer septischen Kardiomyopathie (ACP > 80 %) am geringsten und nimmt mit zunehmender Herzfunktionseinschränkung – abnehmendem ACP-Wert – deutlich zu. Bei Sepsispatienten hat nur jeder zweite Patient keine Herzfunktionseinschränkung (ACP > 80 %). Bei Patienten mit septischem Multiorgandysfunktionssyndrom (MODS; Abb. 5: septisches MODS) und bei Patienten mit septischem Schock (Abb. 5: septischer Schock) liegt der Anteil der Patienten mit fehlender Herzfunktionseinschränkung (ACP > 80 %) weit unter 50 %.

Aktuell besitzt die ACP-Bestimmung bei septischen Patienten die höchste Aussagekraft in Bezug auf die prognostische Bedeutung der septischen Kardiomyopathie, sie ist anderen globalen Parametern wie Herzzeitvolumen oder „cardiac power output“ überlegen [27, 29, 30].

Bei Patienten mit Sepsis noch ohne Organdysfunktion (nach alter Nomenklatur „Sepsis“ im Gegensatz zu „schwere Sepsis“ und „septischer Schock“) – z. B. in der Notaufnahme – haben mehr als drei Viertel der Patienten eine regelrechte Herzfunktion (ACP > 80 %) und die Sterblichkeit selbst der Patienten mit leichter Herzfunktionseinschränkung ($60 \% < \text{ACP} \leq 80 \%$) ist mit etwa 10 % nur gering [25, 27].

Diagnostik der septischen Kardiomyopathie – Wie vorgehen?

In den Arztbriefen von Patienten mit Sepsis und septischem Schock findet sich nur selten die Organdysfunktion „septische Kardiomyopathie“, wohingegen „ARDS“ und „akutes Nierenversagen“ häufig aufgeführt sind. Dies liegt nicht daran, dass die septische Kardiomyopathie seltener auftritt als das ARDS und das akute Nierenversagen, sondern daran, dass die Diagnose „septische Kardiomyopathie“ viel zu selten gestellt wird! Grund dafür ist vor allem, dass diese Diagnose aufgrund der Komplexität dieser Organdysfunktion (Abb. 1) mit einfachen echokardiographischen Parametern wie der linksventri-

Sepsis* (N = 41)	Sept. KM Ø ACP>80%	Sept. KM + 60%<ACP≤80%	Sept. KM ++ 40%<ACP≤60%	*Sept. KM +++ ACP≤40%
Häufigkeit	54 %	39 %	7 %	0 %
28-Tage-Let.	14 %	56 %	67 %	-----
Septisches MODS** (N = 24)	Sept. KM Ø ACP>80%	Sept. KM + 60%<ACP≤80%	Sept. KM ++ 40%<ACP≤60%	Sept. KM +++ ACP≤40%
Häufigkeit	17 %	33 %	33 %	17 %
7-Tage-Let.	25 %	63 %	75 %	100 %
Septischer Schock*** (N = 100)	Sept. KM Ø ACP>80%	Sept. KM + 60%<ACP≤80%	Sept. KM ++ 40%<ACP≤60%	Sept. KM +++ ACP≤40%
Häufigkeit	10 %	54 %	32 %	4 %
14-Tage-Let.	10 %	35 %	69 %	100 %

Abb. 5 ▲ Häufigkeit und Letalität der septischen Kardiomyopathie. *Zusammenstellung nach [30]. **Zusammenstellung nach [24]. ***Zusammenstellung nach [6]. Ø, +, ++, +++ charakterisieren den Schweregrad der septischen Kardiomyopathie als Funktionseinschränkung nach [24]: Ø: keine („no“) Funktionseinschränkung; +: leichte („slight“) Funktionseinschränkung; ++: mäßige („moderate“) Funktionseinschränkung; +++: schwere („severe“) Funktionseinschränkung. ACP „afterload-related cardiac performance“, KM Kardiomyopathie, MODS Multiples Organ dysfunktionssyndrom, Sept. septische

kulären Auswurffraktion nicht abgebildet werden kann (▣ Abb. 2). Erforderlich sind vielmehr globale Herzleistungsparameter, die die Auswirkungen der massiven Nachlastsenkung im septischen Schock auf das Herzzeitvolumen berücksichtigen (▣ Abb. 3). Hierbei zeigt aktuell die ACP-Bestimmung (▣ Abb. 4) die größte Trennschärfe in Bezug auf Schweregrad und prognostische Relevanz der septischen Kardiomyopathie: ACP gibt das Herzzeitvolumen des Patienten als Prozentsatz des Herzzeitvolumens eines gesunden Herzens wieder unter Berücksichtigung der HZV-Abhängigkeit vom systemischen Gefäßwiderstand (SVR). Damit wird ersichtlich, in welchem globalen Ausmaß das HZV des Sepsispatienten aufgrund der systolischen und diastolischen Dysfunktion von linkem und rechtem Ventrikel sowie einer bestehenden Tachykardiomyopathie (▣ Abb. 1) tatsächlich eingeschränkt ist. Die ACP-Bestimmung verdeutlicht auch in eindrucksvoller Weise, in welchem Ausmaß ein höherer Schweregrad der septischen Kardiomyopathie zur Sterblichkeit der Sepsispatienten beiträgt (▣ Abb. 5).

Der potenzielle Nutzen der ACP-Bestimmung rechtfertigt bei Sepsispatienten mit

hoher Sterblichkeit auch den Einsatz einer invasiven HZV-Messung [11] mittels Pulmonalarterienkatheter oder PiCCO zur HZV-Messung und ACP-Bestimmung, wobei zur ACP-Bestimmung bereits auch weniger invasive (FloTrac/Vigileo™, Edwards Lifesciences, Irvine, CA, USA) sowie nichtinvasive HZV-Techniken (Task Force® Monitor System, CNSystems, Graz, Österreich) zum Einsatz gekommen sind [27].

Die Quantifizierung des Schweregrads der septischen Kardiomyopathie mittels ACP ist kein Selbstzweck: Im Krankheitsverlauf zeigt die Änderung des ACP-Werts das Ansprechen auf eine eingeleitete Therapie und eine Erholung der Herzfunktion an.

Dass bislang keine relevante medikamentöse Therapie der septischen Kardiomyopathie in Sicht ist, liegt auch daran, dass der Erfolg einer Therapie auf die Besserung der Herzfunktion bisher nicht überzeugend dokumentiert werden konnte, was nun aber mit der ACP-Bestimmung möglich ist. Und auch in bereits publizierten Therapiestudien ließen sich bei Patienten mit vorhandener HZV-Messung mittels nachträglicher ACP-Bestimmung Informa-

tionen zur Wirksamkeit der Behandlung auf die Herzfunktion ermitteln.

Fazit für die Praxis

- Der septische Schock wird häufig als Kreislaufchock und weniger als Schädigung des Herzens angesehen.
- Die septische Kardiomyopathie – obwohl mindestens bei jedem zweiten Sepsispatienten relevant – ist unterdiagnostiziert, da der Echokardiographieparameter „linksventrikuläre Auswurffraktion“ diesbezüglich nicht weiterhilft.
- Dagegen erlaubt die Bestimmung der „afterload-related cardiac performance“ (ACP) via Herzzeitvolumen eine Quantifizierung des Schweregrads der septischen Kardiomyopathie und damit auch eine Abschätzung des Letalitätsrisikos infolge des Ausmaßes der septischen Kardiomyopathie. Der ACP-Wert kann invasiv, aber auch nichtinvasiv bestimmt und in Patientendatenmanagementsysteme installiert werden.
- Die ACP-Bestimmung erlaubt somit den Nachweis des Vorliegens einer septischen Kardiomyopathie, die Quantifizierung deren Schweregrads im Krankheitsverlauf und die Beurteilung des Ansprechens auf eine Therapie.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Ursula Müller-Werdan
Medizinische Klinik für Geriatrie und
Altersmedizin, Charité – Universitätsmedizin
Berlin und EGZB Berlin
Berlin, Deutschland
ursula.mueller-werdan@charite.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. U. Müller-Werdan, A. Vogt und K. Werdan geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

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

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbil-

dungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Beesley SJ, Weber G, Sarge T et al (2018) Septic cardiomyopathy (concise definitive review). *Crit Care Med* 46(4):625–634
2. Boissier F, Aissaoui N (2022) Septic cardiomyopathy: diagnosis and management. *J Intensive Med* 2(1):8–16
3. Bosch NA, Cohen DM, Walkey AJ (2019) Risk factors for new-onset atrial fibrillation in patients with sepsis: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med* 47(2):280–287
4. Brunkhorst FM, Weigand MA, Pletz M, Deutsche Sepsis Gesellschaft EV et al (2020) S3-Leitlinie Sepsis – Prävention, Diagnose, Therapie und Nachsorge Langfassung. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 15(Suppl 2):S37–S109
5. Chotalia M, Ali M, Hebballi R et al (2022) Hyperdynamic left ventricular ejection fraction in ICU patients with sepsis. *Crit Care Med* 50(5):770–779
6. Chen W, Zhang Z, Tao L et al (2021) Afterload-related cardiac performance identifies cardiac impairment and associates with outcome in patients with septic shock: a retrospective cohort study. *J Intensive Care* 9(1):33
7. Evans L, Rhodes A, Alhazzani W et al (2021) Surviving sepsis campaign; international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021. *Crit Care Med* 49(11):e1063–e1143
8. Guarracino F, Ferro B, Morelli A et al (2014) Ventriculoarterial decoupling in human septic shock. *Crit Care* 18(2):R80
9. Harmankaya A, Akilli H, Gul M et al (2013) Assessment of right ventricular functions in patients with sepsis, severe sepsis and septic shock and its prognostic importance: a tissue doppler study. *J Crit Care* 28(6):1111.e7–1111.e11
10. Hoke RS, Müller-Werdan U, Lautenschläger C, Werdan K, Ebel H (2012) Heart rate as an independent risk factor in patients with septic and non-septic multiple organ dysfunction. *Clin Res Cardiol* 101(2):139–147
11. Janssens U (2016) Häodynamisches Monitoring kritisch Kranker Bettseitige Integration von Messdaten. *Med Klin Intensivmed Notfmed* 111(7):619–629
12. Landesberg G, Gilon D, Meroz Y (2012) Diastolic dysfunction and mortality in severe sepsis and septic shock. *Eur Heart J* 33(7):895–903
13. Lavine SJ (2005) Index of myocardial performance is afterload dependent in the normal and abnormal left ventricle. *J Am Soc Echocardiogr* 18(4):342–350
14. Morelli A, Singer M, Ranieri M (2016) Heart rate reduction with esmolol is associated with improved arterial elastance in patients with septic shock: a prospective observational study. *Intensive Care Med* 42(10):1528–1534
15. Müller-Werdan U, Reithmann C, Werdan K (1996) Cytokines and the heart: molecular mechanisms

Septic cardiomyopathy—diagnosis and estimation of disease severity

Background: The relevance of septic cardiomyopathy is frequently underestimated due to the complexity of the pattern of cardiac injury and the corresponding difficulties in quantifying the degree of functional impairment.

Aim: Account of the methods for diagnosis and severity classification of septic cardiomyopathy.

Methods: Literature review and analysis of the main findings.

Results: Septic cardiomyopathy is characterized by both systolic and diastolic impairment of not only the left, but also the right ventricle, as well as by sinus-tachycardiomyopathy (≥ 90 –95 beats/min) of variable degree. Sepsis-related organ failure assessment (SOFA) score, left ventricular ejection fraction (LVEF), ECG and cardiac biomarkers do not help in grading severity of septic cardiomyopathy. For that purpose either a sophisticated echocardiography diagnosis is mandatory, or the measurement of those global heart function parameters which take into account the dependency of cardiac output on afterload, in view of the pronounced vasodilatation in sepsis and septic shock, is needed. A suitable parameter on the basis of cardiac output measurement is afterload-related cardiac performance (ACP), which gives the percentage of cardiac output in a septic patient related to the cardiac output a healthy heart pumps when challenged by a fall in systemic vascular resistance to the same extent. The calculation of ACP shows that at least one in two septic patients suffers from impaired heart function and that mortality increases as severity increases.

Conclusion: Simple parameters like LVEF are not apt for diagnosis nor for disease severity classification of septic cardiomyopathy. For that purpose either sophisticated echocardiography techniques or load-independent parameters—best validated—ACP measurements are appropriate.

Keywords

Left ventricular ejection fraction (LVEF) · Afterload-related cardiac performance · Sinus-tachycardiomyopathy · Myocardial performance index · Ventriculoarterial coupling

- of septic cardiomyopathy. In: *Medical Intelligence Unit. Germany/RG Landes Company Austin, USA, Springer Heidelberg*
16. Müller-Werdan U, Ebel H, Wilhelm J, Wimmer R, Buerke M, Werdan K (2016) 9 Mikrozirkulationsstörung, zytopathische Hypoxie und septische Kardiomyopathie. In: Werdan K, Müller-Werdan U, Schuster H-P, Brunkhorst FM (Hrsg) *Sepsis und MODS, 5. Aufl. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, S 131–151*
 17. Nasu M, Sato R, Takahashi K, Nakaizumi T, Maruyama A, Ueda S (2023) The chronological demographics of ventricular-arterial decoupling in patients with sepsis and septic shock: a prospective observational study. *J Intensive Care Med* 38(4):340–348
 18. Nizamuddin J, Mahmood F, Tung A (2017) Interval changes in myocardial performance index predict outcome in severe sepsis. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 31(3):957–964
 19. Parrillo JE (1989) The cardiovascular pathology of sepsis. *Annu Rev Med* 40:469–485
 20. Schmidt H, Müller-Werdan U, Hoffmann T (2005) Autonomic dysfunction predicts mortality in patients with multiple organ dysfunction syndrome of different age groups. *Crit Care Med* 33(9):1994–2002
 21. Singer M, Deutschman CS, Seymour CW (2016) The third international consensus definitions for sepsis and septic shock (sepsis-3). *JAMA* 315(8):801–810
 22. Tao L, Wie X, Xu Q, Zhang Z, Xiong X, Chen W (2021) Establish the nomogram prediction model of septic cardiomyopathy based on the afterload-corrected cardiac performance. *Zhonghua Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue* 33(11):1296–1301 (Article in Chinese)
 23. Vincent J-L, Moreno R, Takala J (1996) The SOFA (sepsis-related organ failure assessment) score to describe organ dysfunction/failure on behalf of the working group on sepsis-related problems of the European Society of Intensive Care Medicine (see contributors to the project in the appendix). *Intensive Care Med* 22(7):707–710
 24. Werdan K, Oelke A, Hettwer S (2011) Septic cardiomyopathy: hemodynamic quantifications, occurrence, and prognostic implications. *Clin Res Cardiol* 100(8):661–666
 25. Werdan K, Nuding S, Müller-Werdan U (2015) Potential pathophysiological mechanisms in septic cardiomyopathy: an overview. In: Papaioannou VE (Editor). *Septic Cardiomyopathy From Bench-to-bedside. Frontiers in Myocardia Volume 1, 2015; pp. 1–261. Bentham eBooks. Sharjah, U.A.E. eISBN: 978-1-68108-060-4. pp. 3–40*
 26. Werdan K, Boekstegers P, Buerke M et al (2023) Organversagen Herz bei Intensivpatienten – Etabliertes und ungelöste Probleme. In: Weigand Briegel E (Hrsg) *Intensivmedizin Kompendium und Repetitorium zur interdisziplinären Weiter- und Fortbildung, Bd. III-4. ecomed Medizin, ecomed Stork, Landsberg am Lech, S 1–17*
 27. Wilhelm J, Hettwer S, Schuermann M et al (2013) Severity of cardiac impairment in the early stage of community-acquired sepsis determines worse prognosis. *Clin Res Cardiol* 102(10):735–744

28. Wilhelm J, Hettwer S, Schuermann M et al (2014) Elevated troponin in septic patients in the emergency department: frequency, causes, and prognostic implications. *Clin Res Cardiol* 103(7):561–567
29. Wu Y, Tian P, Liang L (2023) Afterload-related cardiac performance is a powerful hemodynamic predictor of mortality in patients with chronic heart failure. *Ther Adv Chronic Dis* 14:1–14
30. Zhao C-C, Zhang L-R, Liu L-X, Sun L-X, Hu Z-J (2021) Afterload-related cardiac performance predicts prognosis in critical ill patients with sepsis a prospective observational pilot study. *Medicine* 100(38):e27235

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.

Buchempfehlungen Intensivmedizin aus dem Springer-Verlag



Mein erster Dienst Intensivmedizin

Michael Glas, Carmen A. Pfortmüller | 2. Aufl. 2024, XI, 519 S., 39,99 EUR, ISBN 978-3-662-68439-9

Mit diesem Buch für die Kitteltasche behalten Sie die Nerven vor und während Ihres ersten Dienstes auf der Intensivstation. Präzise beantwortet Ihnen dieser Leitfaden alle wichtigen Fragen zu Diagnostik und Therapie häufiger intensivmedizinischer Krankheitsbilder. Von rechtlichen Aspekten, über die Therapie von akuten Herz-Kreislaufkrankheiten, bis hin zum Umgang mit schweren Leber- und Nierenversagen und Verletzungen finden Sie zahlreiche Tipps und Tricks für das ideale Vorgehen. Für jede Ärztin und jeden Arzt, die ihre ersten Dienste auf der Intensivstation und alle weiteren souverän bewältigen möchten! Die 2. Auflage erscheint aktualisiert und um die Themen COVID und Impella erweitert.



Die Intensivmedizin

Gernot Marx, Elke Muhl, Kai Zacharowski, Stefan Zeuzem | 13. Aufl. 2024, XXVIII, 1803 S., 565 Abb., 349,99 EUR, ISBN 978-3-662-68698-0 (in zwei Bänden erschienen)

In diesem großen Standardwerk für die Intensivmedizin finden Sie alle Themen der modernen, interdisziplinären Intensivmedizin zusammengetragen. Es bietet höchsten Standard für die ärztliche Weiterbildung und ist gleichzeitig ein wertvolles Nachschlagewerk im klinischen Alltag für Ärztinnen und Ärzte auf Intensivstationen aller Fachrichtungen, u.a. aus Anästhesiologie, Innere Medizin, Chirurgie und Neurologie. Dargestellt werden u.a. moderne Diagnostik, Monitoring- und Therapieverfahren, intensivmedizinisch relevante Krankheitsbilder und Notfälle, Intensivtherapie nach neurochirurgischen, herzchirurgischen, thoraxchirurgischen und abdominalchirurgischen Eingriffen sowie ethische, psychosoziale und pflegerische Aspekte. Weitere Themen sind: Teleintensivmedizin, Weiterbildung und Kompetenzvermittlung in der Intensivmedizin, Langzeitfolgen nach Intensivtherapie, Akut- und Frührehabilitation, Palliativmedizin in der Intensivmedizin, Risikomanagement und Fehlerkultur. Die 13. Auflage erscheint komplett überarbeitet und aktualisiert.



Pocket Guide Beatmung

Reinhard Larsen, Alexander Mathes | 4. Aufl. 2024, XIII, 367 S., 25 Abb., 29,99 EUR, ISBN 978-3-662-68947-9

Die wichtigsten Fakten zur Beatmung: Grundlagen, Prinzipien und Einstellungen bei speziellen Krankheitsbildern. Prägnant geschrieben und thematisch praxisrelevant, u.a. Beatmung bei Viruspneumonien, z.B. bei COVID-19, Vorgehen bei Kapazitätsengpässen, Beatmung von Patienten beim Transport und von Palliativpatienten. Für alle Ärztinnen und Ärzte sowie das Fachpflegepersonal auf Intensivstation und im OP. Die 5. Auflage wurde komplett aktualisiert.