

Der Anaesthesist

Zeitschrift für Anästhesie · Intensivmedizin ·
Notfall- und Katastrophenmedizin · Schmerztherapie

Elektronischer Sonderdruck für C. Lichtenstern

Ein Service von Springer Medizin

Anaesthesist 2012 · 61:883–891 · DOI 10.1007/s00101-012-2087-0

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012

zur nichtkommerziellen Nutzung auf der
privaten Homepage und Institutssite des Autors

C. Lichtenstern · C. Koch · R. Röhrig · B. Rosengarten · M. Henrich · M.A Weigand

Nahinfrarotspektroskopie in der Sepsistherapie

Prädiktor für eine erniedrigte zentralvenöse Sauerstoffsättigung

Anaesthesist 2012 · 61:883–891
 DOI 10.1007/s00101-012-2087-0
 Eingegangen: 4. Juni 2012
 Überarbeitet: 27. August 2012
 Angenommen: 30. August 2012
 Online publiziert: 27. September 2012
 © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012

C. Lichtenstern¹ · C. Koch¹ · R. Röhrig¹ · B. Rosengarten² · M. Henrich¹ · M.A Weigand¹

¹ Klinik für Anaesthesiologie und Operative Intensivmedizin,
 Universitätsklinikum Gießen und Marburg, Standort Gießen, Gießen

² Neurologische Klinik, Universitätsklinikum Gießen und Marburg, Standort Gießen, Gießen

Nahinfrarotspektroskopie in der Sepsistherapie

Prädiktor für eine erniedrigte zentralvenöse Sauerstoffsättigung

In der schweren Sepsis bzw. im septischen Schock besteht ein Ungleichgewicht von Sauerstoffangebot und -bedarf. Die frühe hämodynamische Optimierung ist daher eines der vorrangigen Ziele der Therapie. Die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) könnte in Bezug auf die Vorhersage einer erniedrigten zentralvenösen SO₂ während der hämodynamischen Stabilisierung in der frühen Phase einer schweren Sepsis oder eines septischen Schocks einen wichtigen Parameter darstellen.

Grundlagen

Die schwere Sepsis und der septische Schock bilden mit einer Letalität von ca. 50–80% noch immer die Haupttodesursachen auf nichtkardiologischen Intensivstationen [1, 5, 10]. Dabei stellt die Komplexität der Erkrankung den Behandelnden oftmals vor große Herausforderungen. In der Sepsistherapie konnte aus den Erkenntnissen der letzten 10 Jahre neben der Sanierung des auslösenden Infektfokus und der frühen adäquaten antibiotischen Therapie der frühzeitigen zielgrößenorientierten Optimierung der Herz-Kreislauf-Funktion große Bedeutung zugeschrieben werden [17, 31, 35].

Störungen der Herz-Kreislauf-Funktion in der schweren Sepsis gehen mit

intravasalem Volumenmangel, peripherer Vasodilatation, myokardialer Dysfunktion und weiteren Endorganschädigungen sowie stark erhöhtem peripherem Metabolismus einher. Dabei besteht in der schweren Sepsis bzw. im septischen Schock ein regionales bzw. globales Ungleichgewicht von Sauerstoffangebot und -bedarf [35].

Die frühe hämodynamische Optimierung ist eines der vorrangigen Ziele in der Therapie der Sepsis. Durch eine frühzeitige zielgrößenorientierte hämodynamische Stabilisierung konnten eine signifikante Verringerung der 28-Tage-Letalität und eine Verbesserung der Morbidität von septischen Patienten erreicht werden [31]. Die Maßnahmen der „early goal-directed therapy“ (EGDT) zielen auf die hämodynamische Optimierung der Patienten innerhalb der ersten 6 h nach Beginn der sepsisbedingten Hypotension. Wesentliche Zielparameter sind der arterielle Mitteldruck (≥ 65 mmHg), der zentrale Venendruck (≥ 8 mmHg), die Urinausscheidung ($\geq 0,5$ ml/h) und die zentralvenöse Sauerstoffsättigung (zentralvenöse SO₂; $\geq 70\%$). Angestrebt werden diese Ziele mithilfe ausreichender Flüssigkeitszufuhr, ggf. Transfusion von Erythrozytenkonzentraten oder anderen Blutprodukten und bedarfsadaptierter Katecholamintherapie. Die Messung der zentralvenösen SO₂ dient dem Monitoring einer venösen

Ausschöpfungshypoxie als Zeichen eines inadäquaten peripheren Sauerstoffangebots [20]. Ergänzend zum Protokoll von Rivers et al. [31] wird heute auch die Messung der Laktatkonzentration als Marker einer bestehenden Gewebehypoxie in der Sepsis empfohlen [26]. Bleibt unter der Therapie eine signifikante Laktat-Clearance innerhalb der ersten 24 h aus, geht dies mit einem signifikanten Anstieg von Letalität und Morbidität einher [26, 29].

Das Standardverfahren zur Messung der zentralvenösen SO₂ besteht aus der Anlage eines zentralvenösen Katheters und intermittierenden Blutentnahmen mit nachfolgender Blutgasanalyse [33]. Die kontinuierliche Messung der zentralvenösen SO₂ ist durch die Verwendung fiberoptischer Katheter möglich [13]. Die Messgenauigkeit der am Markt erhältlichen Systeme wird jedoch in der Literatur kontrovers diskutiert [2, 13, 23]. Weiterhin entstehen durch die Verwendung von Oxymetriekathetern nichtunerhebliche Kosten [23]. Auch ist der Einsatz invasiver Systeme zur Therapiesteuerung bei septischen Patienten mit dem Risiko verbunden, dass diese die Einleitung einer adäquaten Therapie verzögern [23]. Aus diesem Grund sind einfache und schnell

C. Lichtenstern und C. Koch haben gleichermaßen an der Erstellung dieser Arbeit beigetragen.

	Median (Interquartilenbereich)/ Anzahl (%)
Alter (Jahre)	65,5 (59,25–79,75)
Weibliches Geschlecht	4 (25)
SOFA	10,2 (5,25–8,75)
APACHE II	26 (23,25–29,75)
Septischer Fokus	
– Lungen	5 (31,3)
– Weichteilgewebe	2 (12,5)
– Abdomen	10 (62,5)
Septischer Schock	8 (50)
28-Tage-Letalität	6 (37,5)

APACHE II Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II, SOFA Sequential Organ Failure Assessment.

	Anzahl (n)	Median	Interquartilenbereich
S _a O ₂ (%)	16	97,7	95,55–98,78
Zentralvenöse SO ₂ (%)	16	75,05	67,33–81,35
p _a O ₂ (mmHg)	16	95,05	78,57–95,05
Hämoglobin (g/dl)	16	10,2	9,12–11,15
C _a O ₂ (ml/dl)	16	13,08	12,24–15,24
Horovitz-Index	16	265,7	172,78–323,25
rSO ₂ , rechts	16	58	51,00–67,25
rSO ₂ , links	16	64	51,00–69,00
rSO ₂ , minimal	16	58	50,25–67,25

C_aO₂ Sauerstoffgehalt, p_aO₂ arterieller Sauerstoffpartialdruck, rSO₂ Sättigungswert der Nahinfrarot-spektroskopie, S_aO₂ arterielle Sauerstoffsättigung, SO₂ Sauerstoffsättigung.

handhabbare, nichtinvasive Überwachungsverfahren in der zielgrößenorientierten Sepsistherapie attraktiv. Eine Ergänzung zu diesen bereits etablierten Verfahren könnte die Beurteilung der Gewebsoxygenierung mithilfe der NIRS darstellen [9, 19, 36].

Material und Methoden

Studiendesign und Teilnehmerrekrutierung

Mit Zustimmung der Ethikkommission des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität (AZ Nr. 128/09) wurden im Zeitraum von Juli 2011 bis November 2011 operative Intensivpatienten mit schwerer Sepsis oder septischem Schock für eine prospektive Beobachtungsstudie zur Inzidenz eines Delirs im Rahmen der intensivmedizinischen Versorgung rekrutiert. Aufgenommen wurden Patienten mit einer Infektion, die gleichzeitig 2 oder mehr „Systemic-inflammatory-response-syndrom“ (SIRS)-Kriterien nach Bone et al. [[3]; Temperatur >38°C oder <36°C, Herzfrequenz >90 Schläge/min, Atemfrequenz >20 Atemzüge/min oder arterieller Kohlenstoffdioxidpartialdruck (p_aCO₂) <32 mmHg, Leukozyten >12.000/mm³ oder <4000/mm³ oder >10% Stabkernige] aufwiesen, die nicht länger als 6 h bestanden. Ausgeschlossen waren Patienten, die jünger als 18 Jahre waren, schwangere Patientinnen und Patienten nach zerebraler Ischämie oder intrakranieller Blutung. Die Behandlung erfolgte nach den

Empfehlungen der aktuellen Leitlinie der Deutschen Sepsisgesellschaft [29].

Zielparameter und Messverfahren

Nach Studienaufnahme wurden die Basisdaten erhoben. Hierzu wurden Alter, Größe, Gewicht, Body-Mass-Index und Geschlecht der Patienten erfasst. Gleichzeitig wurde der septische Fokus protokolliert.

Innerhalb von 2 h nach Studienaufnahme wurde die erste bilaterale frontale NIRS-Messung (Invos, Fa. Covidien, Mansfield, USA) vorgenommen. Die NIRS ist eine optische Methode, die anhand von Absorptionsänderungen des Lichts im nahinfraroten Wellenlängenbereich (650–1000 nm) Konzentrationsänderungen von oxygeniertem und desoxygeniertem Hämoglobin nichtinvasiv und kontinuierlich misst [19]. Die Messungen der Absorption im Gewebe erfolgen analog zu dem Prinzip der Absorptionsspektrophotometrie, wie sie bereits als In-vitro-Technik in vielen Bereichen der klinischen und analytischen Chemie angewendet wird. Die In-vivo-Anwendung basiert auf der Transparenz von Gewebe für nahinfrarotes Licht und den spezifischen Absorptionseigenschaften des Hämoglobins. Zur Detektion kommen heutzutage Klebeelektroden zur Platzierung an der Hautoberfläche zur Anwendung, die an verschiedenen Körperstellen in einer Gewebetiefe von ca. 2–3 cm eine regionale „Mischsättigung“ von arterieller, kapillärer und venöser Sauerstoffsättigung (rSO₂, Normwert 58–82) detektieren kön-

nen [4]. Nach Aufbringen von 2 Optoden auf die linke und rechte Stirn sowie nach einer 5-minütigen Stabilisierungsphase wurden die seitengetrennten rSO₂-Messwerte erfasst. Zusätzlich wurde der Mittelwert aus beiden Messungen bestimmt und der niedrigere beider Werte als minimale rSO₂ erfasst. Gleichzeitig erfolgten die Abnahmen einer arteriellen und einer zentralvenösen Blutprobe zur Bestimmung der arteriellen Sauerstoffsättigung (S_aO₂), der zentralvenösen SO₂, des arteriellen Sauerstoffpartialdrucks (p_aO₂) und der Hämoglobin (Hb)-Konzentration. Der arterielle Sauerstoffgehalt (C_aO₂) wurde aus den angegebenen Messwerten berechnet. Weiterhin wurden die inspiratorische Sauerstofffraktion (F_IO₂) des Patienten und der Horovitz-Index (p_aO₂/F_IO₂) protokolliert. Gleichzeitig wurden für jeden Patienten die Scores des *Sequential Organ Failure Assessment (SOFA)* und der *Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II (APACHE II)* bestimmt.

Statistik

Erfassung und Verarbeitung aller Daten erfolgten in Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, USA) und IBM SPSS Statistics 19 (IBM, New York, USA). Die Daten wurden in Prozent und Absolutwerten (n/N; %) sowie als Median und Interquartilabstand („interquartile range“, IQR) dargestellt. Für die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen den gemessenen NIRS-Werten und der zentralvenösen SO₂ wurde eine „receiver opera-

ting characteristic“ (ROC, [14]) verwendet.

Ergebnisse

Im Beobachtungszeitraum wurden insgesamt 16 Patienten in die Studie aufgenommen. Die Patienten waren im Median 65,5 Jahre alt (IQR 59,25 bis 79,75 Jahre, minimal 48 Jahre, maximal 84 Jahre; **Tab. 1**). Unter den Teilnehmern waren 12 Männer (75%) und 4 Frauen (25%). Der septische Infektionsfokus der untersuchten Patienten befand sich in 62,5% der Fälle im Abdomen, bei 31,3% in den Lungen und bei 12,5% der Patienten waren Haut- und Weichteilgewebe der Infektionsfokus. Zum Untersuchungszeitpunkt zeigten 8 Patienten (50%) einen septischen Schock. Die 28-Tage-Letalität lag im beobachteten Kollektiv bei 37,5%. Der SOFA-Score betrug im Median 10,2 (IQR 5,25–8,75), der APACHE II-Score 26 (IQR 23,25–29,75).

Die mediane rSO_2 lag rechts bei 58% und links bei 64% (**Tab. 2**). Insgesamt waren bei 4 Patienten die Messwerte rechts und links identisch, bei 7 Patienten war der rechte, bei 4 Patienten der linke der geringere Wert. Um die Korrelation zwischen der NIRS und der zentralvenösen SO_2 zu untersuchen, wurde der Vierfeldertest verwendet (**Abb. 1, 2, 3**). Dabei zeigten sich die minimalen gemessenen rSO_2 -Werte (rSO_2 minimal) und die rechts frontal gemessenen rSO_2 (rSO_2 rechts) als Prädiktoren für eine zentralvenöse $SO_2 \leq 70\%$. Eine „odds ratio“ wurde aufgrund der geringen Anzahl von 4 richtig-positiven und 0 falsch-positiven Fällen bei dem „cut-off“ nicht berechnet (**Abb. 1, 2**).

Die Analyse mithilfe der ROC-Kurven ergab für die rSO_2 minimal [„area under the curve“ (AUC) 0,844; $p=0,045$] und rSO_2 rechts (AUC 0,844; $p=0,045$) eine gute Diskrimination bezüglich der Vorhersagbarkeit einer zentralvenösen $SO_2 < 70\%$ (**Tab. 3, Abb. 4**). Bei einem Cut-off-Wert von 56,5% wurden für diese rSO_2 -Messungen eine Sensitivität von 75% und eine Spezifität von 100% ermittelt. In der ROC-Analyse ergaben sich keine signifikanten Zusammenhänge für die übrigen erhobenen Surrogatparameter der Sauerstoffversorgung.

Anaesthesist 2012 · 61:883–891 DOI 10.1007/s00101-012-2087-0
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012

C. Lichtenstern · C. Koch · R. Röhrig · B. Rosengarten · M. Henrich · M.A Weigand Nahinfrarotspektroskopie in der Sepsistherapie. Prädiktor für eine erniedrigte zentralvenöse Sauerstoffsättigung

Zusammenfassung

Hintergrund. Ein wichtiger Baustein in der Sepsistherapie ist die frühzeitige und zielgerichtete hämodynamische Optimierung. Eine der definierten Zielgrößen in diesem Zusammenhang ist die zentralvenöse Sauerstoffsättigung (SO_2). Das Ziel dieser Sekundäranalyse ist die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der zentralvenösen SO_2 und einer frontalzerebralen Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) bei Patienten mit schwerer Sepsis oder septischem Schock.

Material und Methoden. Es wurde eine prospektive Untersuchung von 16 operativen Intensivpatienten (medianes Alter 65 Jahre) in der frühen Phase einer schweren Sepsis oder eines septischen Schocks durchgeführt. Erhoben wurden bilateral über dem Frontalhirn gemessene NIRS-Werte (rSO_2), die zentralvenöse SO_2 und weitere Surrogatparameter des Sauerstofftransports und -stoffwechsels (Hämoglobin, arterieller Sauerstoffpartialdruck, Sauerstoffgehalt).

Ergebnisse. Die minimale rSO_2 und die rechts frontal gemessene rSO_2 korrelierten in der Analyse der erfassten Daten mithilfe der „receiver operating characteristics“ mit der zentralvenösen SO_2 („area under the curve“=0,844; $p=0,045$). Eine zentralvenöse $SO_2 < 70\%$ wird durch eine $rSO_2 < 56,5\%$ mit einer Sensitivität von 75% und Spezifität 100% angezeigt.

Schlussfolgerung. Die zerebrale NIRS könnte ein schnelles, einfaches und nebenwirkungsfreies Verfahren darstellen, das in der frühen Sepsis in Kombination mit anderen etablierten Monitoringverfahren frühzeitig zur Therapiesteuerung genutzt werden kann.

Schlüsselwörter

Schock, septisch · Sauerstoff · Sauerstoffbedarf · Zielgrößenorientierte Therapie · Hämodynamik

Near-infrared spectroscopy in sepsis therapy. Predictor of a low central venous oxygen saturation

Abstract

Background. Early goal-directed hemodynamic optimization has become a cornerstone of sepsis therapy. One major defined goal is to achieve adequate central venous oxygen saturation (SO_2). This study aimed to investigate the correlation between central venous SO_2 and frontal cerebral near-infrared spectroscopy (NIRS) measurement in patients with severe sepsis and septic shock. The NIRS method provides non-invasive measurement of regional oxygen saturation (rSO_2) in tissues approximately 2 cm below the optical NIRS sensors which depends on arterial, capillary and venous blood. Thus this system gives site-specific real-time data about the balance of oxygen supply and demand.

Methods. This was a secondary analysis from a prospective study of surgical intensive care (ICU) patients in the early phase of severe sepsis or septic shock. Bilateral cerebral rSO_2 , central venous SO_2 , arterial oxygen saturation (S_aO_2) and other surrogate parameters of oxygen supply, such as hemoglobin, partial pressure of oxygen and oxygen content in arterial blood were recorded.

Results. A total of 16 ICU patients (4 women, median age 65.5 years) were included in the study. As sepsis focus an intra-abdominal infection was detected in 62.5 % of patients, severe pneumonia was determined in 31.3 %

and skin and soft tissue infections were recognized in 12.5 %. At study inclusion 50 % of patients had septic shock, the median sequential organ failure assessment (SOFA) score was 10.2 (interquartile range 5.25–8.75) and the median acute physiology and chronic health evaluation II (APACHE II) score was 26 (range 23.25–29.75). Mortality at day 28 was 37.5 %. Minimum rSO_2 (median 58) and right-sided rSO_2 (median 58) values showed a significant correlation in the analysis of receiver operating characteristics (area under the curve 0.844, $p=0.045$). A central venous $SO_2 < 70\%$ was indicated by $rSO_2 < 56.5$ with sensitivity and specificity of 75 % and 100 %, respectively.

Conclusions. Cerebral NIRS could provide a fast and easily available side effect-free monitoring that could be used in addition to established procedures for goal-directed treatment in the early phase of sepsis. Further studies should be made in a larger population to verify the correlation found and to investigate the impact of NIRS-directed resuscitation treatment in early sepsis.

Keywords

Shock, septic · Oxygen · Oxygen consumption · Goal-directed therapy · Hemodynamics

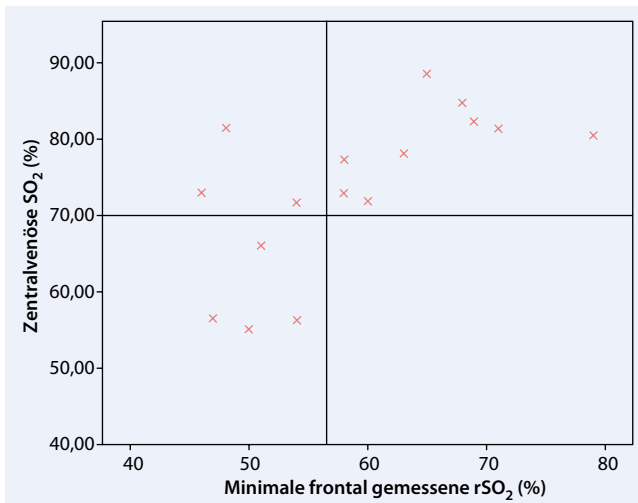


Abb. 1 ▲ Vierfeldertafel zur Vorhersage einer zentralvenösen Sauerstoffsättigung (SO_2) <70% durch einen minimalen Sättigungswert der Nahinfrarot-spektroskopie (rSO_2) <56,5%

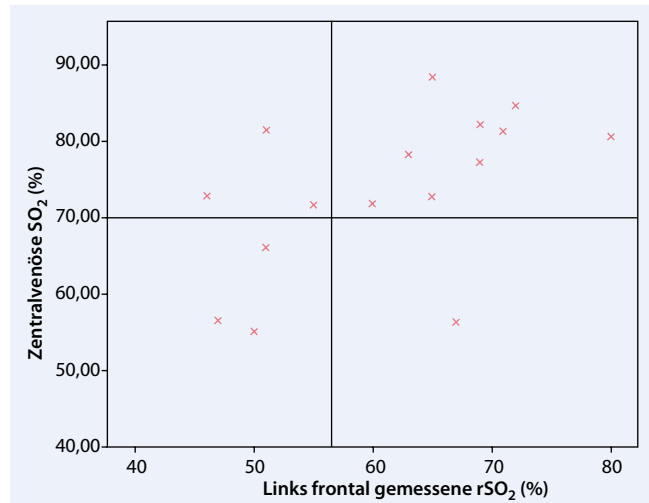


Abb. 2 ▲ Vierfeldertafel zur Vorhersage einer zentralvenösen Sauerstoffsättigung (SO_2) <70% durch einen links frontal gemessenen Sättigungswert der Nahinfrarot-spektroskopie (rSO_2) <56,5%

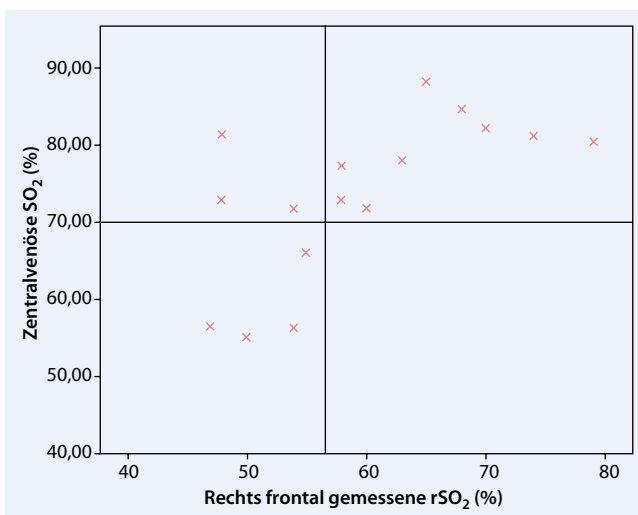


Abb. 3 ◀ Vierfeldertafel zur Vorhersage einer zentralvenösen Sauerstoffsättigung (SO_2) <70% durch einen rechts frontal gemessenen Sättigungswert der Nahinfrarot-spektroskopie (rSO_2) <56,5%

Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Sekundäranalyse zeigen den prädiktiven Wert der frontal gemessenen zerebralen NIRS für eine niedrige zentralvenöse SO_2 <70% im Rahmen der Frühphase der schweren Sepsis oder des septischen Schocks. Patienten mit einer erniedrigten zentralvenösen Sättigung konnten in der Untersuchung mit einer Sensitivität von 75% und einer Spezifität von 100% identifiziert werden.

Die hämodynamischen Veränderungen in der Sepsis stellen den Intensivmediziner im klinischen Alltag vor große Herausforderungen. Die Entwicklung

von Organversagen und das daraus folgend schlechte Outcome septischer Patienten basieren maßgeblich auf den pathologischen Veränderungen von Vasomotorik und Mikrozirkulation in der Sepsis [15]. Die Vasokonstriktion in den kleinen Arteriolen und die Öffnung arteriovenöser Shunts führen zu einem kapillären Perfusionsstopp und nachfolgenden Organischämien. Zum anderen bedingen vasodilatatorische Mediatoren (v. a. Stickstoffmonoxid) gleichzeitig einen Abfall des Gefäßwiderstands und des Blutdrucks bis hin zum septischen Schock. Zusätzlich kann auf dem Boden einer septischen Kardiomyopathie eine reduzierte kardiale Pumpfunktion zur Verschlech-

terung der kardiozirkulatorischen Situation führen. Das Ziel der frühen hämodynamischen Stabilisierung in der Sepsis ist das Erreichen eines adäquaten zellulären Sauerstoffangebots [31]. Obgleich der Nutzen eines erweiterten hämodynamischen Monitorings in Bezug auf die Überlebensrate und die Morbidität nicht belegt ist, wird ein erweitertes hämodynamisches Monitoring beim septischen Herz-Kreislauf-Versagen empfohlen [29]. Die Behandlung von Patienten mit schwerer Sepsis und septischem Schock erfordert nach den aktuellen Therapieempfehlungen der Deutschen Sepsisgesellschaft eine frühe zielgrößenorientierte hämodynamische Stabilisierung [29]. Zielparame- ter ist eine zentralvenöse SO_2 >70% in Verbindung mit einer ausreichenden kardialen Vorlast [z. B. zentraler Venendruck (ZVD) >8 bzw. >12 mmHg unter mechanischer Beatmung], einem adäquaten Perfusionsdruck (arterieller Mitteldruck >65 mmHg) und einer ausreichenden Diurese von mindestens 0,5 ml/kgKG/h. Zusätzlich sollen die Maßnahmen der hämodynamischen Stabilisierung zu einem Abfall der Laktatkonzentration <1,5 mmol/l führen. Um eine zentralvenöse SO_2 >70% zu erzielen, wird die Gabe von Volumen, Dobutamin und bei einem Hämatokrit <30% von Erythrozytenkonzentrationen empfohlen.

Eine kontinuierliche Zielgrößenmessung wäre aus klinischer Sicht grund-

Hier steht eine Anzeige.



Hier steht eine Anzeige.



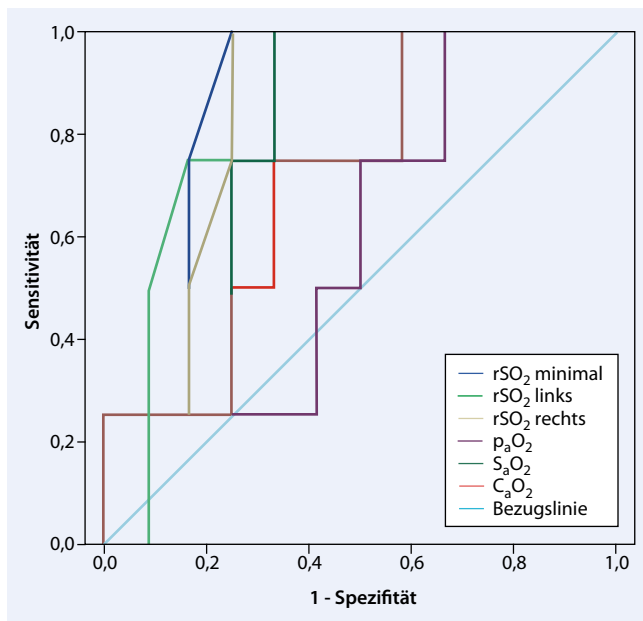


Abb. 4 ▲ Prädiktion einer zentralvenösen Sauerstoffsättigung (SO_2) <70% mithilfe der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS). Vergleichende „Receiver-operating-characteristic“-Kurven für eine zentralvenöse SO_2 <70% („area under the curve“, Signifikanz p-Wert): Sättigungswerte der NIRS ($r\text{SO}_2$): *minimal* 0,844, $p=0,045$; *links* 0,781, $p=0,102$; *rechts* 0,844, $p=0,045$; arterieller Sauerstoffpartialdruck ($p_a\text{O}_2$) 0,604, $p=0,544$; arterielle Sauerstoffsättigung ($S_a\text{O}_2$) 0,792, $p=0,09$; arterieller Sauerstoffgehalt ($C_a\text{O}_2$) 0,708, $p=0,225$

sätzlich wünschenswert, ist allerdings bei den zur Verfügung stehenden Optionen mit einem instrumentellen Mehraufwand und höheren Kosten verbunden. Ob z. B. die kontinuierliche Messung der zentralvenösen SO_2 mithilfe einer fiberoptischen Kathetersonde Vorteile gegenüber der diskontinuierlichen Messung bringt, ist gegenwärtig nicht geklärt [29].

Die NIRS ist eine Möglichkeit, die lokale Gewebsoxygenierung kontinuierlich und kurzfristig abzuschätzen [6, 18, 25]. Eine Reihe von Arbeiten konnte zeigen, dass die frontal gemessene NIRS einen relevanten Nutzen bei der raschen Feststellung zerebraler Perfusionsstörungen bei Erwachsenen im Rahmen von Herz- und Gefäßchirurgie besitzt [12, 24, 25, 28, 34]. Zusätzlich konnten Heringlake et al. unlängst in einer großen prospektiven Studie an rund 1100 kardiologischen Patienten eine gute Korrelation der zerebralen NIRS mit dem Schweregrad der präoperativen globalen kardiopulmonaren Dysfunktion sowie der kurz- und langfristigen Morbidität und Letalität nachweisen [16].

Die vorgestellten Ergebnisse lassen erkennen, dass die frontal gemessene NIRS für eine Einschätzung der zentralvenösen SO_2 hilfreich sein könnte. In der vorliegenden Arbeit konnte die NIRS zur Identifikation von Patienten mit einer erniedrigten zentralvenösen SO_2 herangezogen werden. Dabei stellt eine erniedrigte zerebrale $r\text{SO}_2$ nicht ein eigenes klinisches Zeichen oder eine pathophysiologische Folge einer erniedrigten zentralvenösen SO_2 dar, sondern die erniedrigte $r\text{SO}_2$ in möglicherweise mehreren Organen führt ihrerseits zur Reduktion der zentralvenösen SO_2 . Diese Ergebnisse decken sich mit anderen Studien, in denen eine peripher an der Thenarmuskulatur gemessene NIRS bei normotensiven Patienten mit schwerer Sepsis mit der zentralvenösen SO_2 korrelierte [22]. In einer Studie von Colin et al. [7] waren erniedrigte NIRS-Werte, gemessen an Mm. masseter und deltoideus, bei Patienten mit schwerer Sepsis mit einer signifikant erhöhten 28-Tage-Letalität verbunden. Zusätzlich ließ sich bei kardiologischen Patienten während der Operation und postoperativ im wachen, spontan atmenden Zu-

stand eine zuverlässige Korrelation zwischen venöser Sauerstoffsättigung ($S_v\text{O}_2$) und zentralvenöser SO_2 und einer frontal gemessenen NIRS, mit einer mittleren Verzerrung von 2–10% nachweisen [8, 27, 32].

Eine zerebrale $r\text{SO}_2$ zeigte bei Neugeborenen mit angeborenen Herzfehlern ebenfalls eine signifikante Korrelation mit der zentralvenösen SO_2 , wobei die postoperativ gemessene $r\text{SO}_2$ die zentralvenöse SO_2 eher unterschätzte [30]. Zusätzlich ergab sich hier eine relevante Beeinflussung der $r\text{SO}_2$ durch die Ventilation. Während die Korrelation unter Normokapnie hervorragend war, führt eine Hypokapnie zu einer erniedrigten $r\text{SO}_2$ bzw. eine Hyperkapnie zu einer erhöhten $r\text{SO}_2$ bei gleicher zentralvenöser SO_2 . Dies wird unterstützt durch weitere Arbeiten, die eine signifikante Korrelation der frontalen NIRS-Messung mit der zentralvenösen SO_2 bei Kindern während und nach herzchirurgischen Eingriffen belegen konnten [11, 21].

Grundsätzlich ist anzumerken, dass die zerebrale NIRS selbst einigen Limitationen unterliegt. Die technisch beschriebene oxymetrische Messtiefe von ca. 2,5 cm erlaubt keine absolute Sicherheit, dass tatsächlich das zerebrale Parenchym und nicht ausschließlich die Galea erfasst wird. In magnetresonanztomographischen Untersuchungen scheint z. B. bei relativer Hirnatrophie das Parenchym mit der beschriebenen Eindringtiefe nicht erreichbar [37]. Damit erlauben die vorliegenden Ergebnisse auch nicht zu erklären, warum sich nur unilateral ein statistisch signifikantes Ergebnis ergibt, da ein systematischer Unterschied des zerebralen oder galealen Metabolismus zwischen rechts und links sinnvollerweise nicht hergeleitet werden kann. Es handelt es bei der beschriebenen Studie um eine Sekundäranalyse von Daten, die im Rahmen einer anderen Studie erhoben wurden; sie unterliegt somit einigen Limitationen. Die zugrunde liegende geringe Patientenzahl ermöglichte es nicht, eine multivariate Analyse bezüglich weiterer Prädiktoren auf die zentralvenöse SO_2 durchzuführen. Ebenfalls kann aufgrund der momentanen Messungen noch keine Aussage bezüglich Therapieentscheidungen, Morbidität oder Letalität getroffen werden. Damit gebietet sich Zurückhaltung bezüglich der Formulie-

Tab. 3 „Receiver-operating-characteristic“-Analyse für die Prädiktion einer zentralvenösen Sauerstoffsättigung <70% anhand der frontalen Nahinfrarotspektroskopie

	Fläche	Standardfehler	p-Wert	Asymptomatisches 95%-Konfidenzintervall	
				Untergrenze	Obergrenze
rSO ₂ , minimal	0,844	0,100	0,045	0,648	1,000
rSO ₂ , links	0,781	0,136	0,102	0,515	1,000
rSO ₂ , rechts	0,844	0,100	0,045	0,648	1,000
p _a O ₂	0,604	0,160	0,544	0,290	0,918
S _a O ₂	0,792	0,116	0,090	0,565	1,000
Hämoglobin	0,656	0,149	0,363	0,364	0,949
C _a O ₂	0,708	0,141	0,225	0,431	0,986

C_aO₂ Sauerstoffgehalt, p_aO₂ arterieller Sauerstoffpartialdruck, rSO₂ Sättigungswert der Nahinfrarotspektroskopie, S_aO₂ arterielle Sauerstoffsättigung.

rung von Schlussfolgerungen, bevor diese Ergebnisse nicht in einer größeren klinischen Studie überprüft wurden. Die NIRS kann die in großen Studien untersuchten etablierten Zielgrößen wie zentralvenöse SO₂ und Laktat-Clearance nicht ersetzen.

Fazit für die Praxis

Aus der vorliegenden Sekundäranalyse von 16 septischen Patienten ergibt sich, dass die Messung der zerebralen NIRS eine experimentelle, aber vielversprechende Technik darstellt, um eine erniedrigte zentralvenöse Sättigung <70% vorherzusagen. Die NIRS könnte damit ein schnelles, einfaches und nebenwirkungsfreies Verfahren darstellen, das in Kombination mit anderen etablierten Monitoringverfahren frühzeitig genutzt werden kann, um zu einer Abschätzung der Sauerstoffausschöpfung und damit indirekt der Hämodynamik in der Sepsis zu gelangen.

Korrespondenzadresse

Dr. C. Lichtenstern

Klinik für Anaesthesiologie und Operative Intensivmedizin, Universitätsklinikum Gießen und Marburg, Standort Gießen
Rudolf-Buchheim-Str. 7, 35392 Gießen
christoph.lichtenstern@chiru.med.uni-giessen.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor weist für sich und seine Koautoren auf folgende Beziehung hin: M.A. Weigand nahm an einem Advisory Board der Fa. Covidien Deutschland GmbH teil. Die übrigen Autoren geben an, dass keine Interessenkonflikte bestehen.

Literatur

1. Angus DC, Wax RS (2001) Epidemiology of sepsis: an update. *Crit Care Med* 29:S109–S116
2. Baulig W, Dullenkopf A, Hasenclever P et al (2008) In vitro evaluation of the CeVOX continuous central venous oxygenation monitoring system. *Anaesthesia* 63:412–417
3. Bone RC, Sibbald WJ, Sprung CL (1992) The ACCP-SCCM consensus conference on sepsis and organ failure. *Chest* 101:1481–1483
4. Booth EA, Dukatz C, Ausman J et al (2010) Cerebral and somatic venous oximetry in adults and infants. *Surg Neurol Int* 1:75
5. Brun-Buisson C, Doyon F, Carlet J et al (1995) Incidence, risk factors, and outcome of severe sepsis and septic shock in adults. A multicenter prospective study in intensive care units. French ICU Group for Severe Sepsis. *JAMA* 274:968–974
6. Casati A, Fanelli G, Pietropaoli P et al (2005) Continuous monitoring of cerebral oxygen saturation in elderly patients undergoing major abdominal surgery minimizes brain exposure to potential hypoxia. *Anesth Analg* 101:740–747
7. Colin G, Nardi O, Polito A et al (2012) Masseter tissue oxygen saturation predicts normal central venous oxygen saturation during early goal-directed therapy and predicts mortality in patients with severe sepsis. *Crit Care Med* 40:435–440
8. Colquhoun DA, Tucker-Schwartz JM, Durieux ME et al (2012) Non-invasive estimation of jugular venous oxygen saturation: a comparison between near infrared spectroscopy and transcutaneous venous oximetry. *J Clin Monit Comput* 26:91–98
9. Dullenkopf A, Frey B, Baenziger O et al (2003) Measurement of cerebral oxygenation state in anaesthetized children using the INVOS5100 cerebral oximeter. *Paediatr Anaesth* 13:384–391
10. Friedman G, Silva E, Vincent JL (1998) Has the mortality of septic shock changed with time? *Crit Care Med* 26:2078–2086
11. Ginther R, Sebastian VA, Huang R et al (2011) Cerebral near-infrared spectroscopy during cardiopulmonary bypass predicts superior vena cava oxygen saturation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 142:359–365
12. Goldman S, Sutter F, Ferdinand F et al (2004) Optimizing intraoperative cerebral oxygen delivery using noninvasive cerebral oximetry decreases the incidence of stroke for cardiac surgical patients. *Heart Surg Forum* 7:E376–E381
13. Goodrich C (2006) Continuous central venous oximetry monitoring. *Crit Care Nurs Clin North Am* 18:203–209
14. Hanley JA, McNeil BJ (1982) The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. *Radiology* 143:29–36
15. Henrich M, Groß M, Weigand MA (2012) Hämodynamische Veränderungen in der Sepsis. *Anaesth Intensivmed* 53:19–32
16. Heringlake M, Garbers C, Kabler JH et al (2011) Preoperative cerebral oxygen saturation and clinical outcomes in cardiac surgery. *Anesthesiology* 114:58–69
17. Hicks P, Cooper DJ (2008) The Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of severe sepsis and septic shock: 2008. *Crit Care Resusc* 10:8
18. Janelle GM, Mnookin S, Gravenstein N et al (2002) Unilateral cerebral oxygen desaturation during emergent repair of a DeBakey type 1 aortic dissection: potential aversion of a major catastrophe. *Anesthesiology* 96:1263–1265
19. Jobsis FF (1977) Noninvasive, infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters. *Science* 198:1264–1267
20. Maddirala S, Khan A (2010) Optimizing hemodynamic support in septic shock using central and mixed venous oxygen saturation. *Crit Care Clin* 26:323–333
21. Marimon GA, Dockery WK, Sheridan MJ et al (2012) Near-infrared spectroscopy cerebral and somatic (renal) oxygen saturation correlation to continuous venous oxygen saturation via intravenous oximetry catheter. *J Crit Care* 27:314 e313–e318
22. Mesquida J, Masip J, Gili G et al (2009) Thenar oxygen saturation measured by near infrared spectroscopy as a noninvasive predictor of low central venous oxygen saturation in septic patients. *Intensive Care Med* 35:1106–1109
23. Müller T (2003) Monitoring of the central venous and mixed venous oxygen concentration in intensive care medicine: physiological and technical bases, indications and claims. *Intensivmed Notfallmed* 40:711–719
24. Murkin JM (2009) NIRS: a standard of care for CPB vs. an evolving standard for selective cerebral perfusion? *J Extra Corpor Technol* 41:P11–P14
25. Murkin JM, Adams SJ, Novick RJ et al (2007) Monitoring brain oxygen saturation during coronary bypass surgery: a randomized, prospective study. *Anesth Analg* 104:51–58
26. Nguyen HB, Rivers EP, Knoblich BP et al (2004) Early lactate clearance is associated with improved outcome in severe sepsis and septic shock. *Crit Care Med* 32:1637–1642
27. Paarmann H, Heringlake M, Heinze H et al (2012) Non-invasive cerebral oxygenation reflects mixed venous oxygen saturation during the varying haemodynamic conditions in patients undergoing transapical transcatheter aortic valve implantation. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 14:268–272
28. Pennekamp CW, Bots ML, Kappelle LJ et al (2009) The value of near-infrared spectroscopy measured cerebral oximetry during carotid endarterectomy in perioperative stroke prevention. A review. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 38:539–545
29. Reinhart K, Brunkhorst FM, Bone HG et al (2010) Prävention, Diagnose, Therapie und Nachsorge der Sepsis. Erste Revision der S2k-Leitlinien der Deutschen Sepsis-Gesellschaft e.V. (DSG) und der Deutschen Interdisziplinären Vereinigung für Intensiv- und Notfallmedizin (DIVI). *Anaesthesist* 59:347–370
30. Ricci Z, Garisto C, Favia I et al (2010) Cerebral NIRS as a marker of superior vena cava oxygen saturation in neonates with congenital heart disease. *Paediatr Anaesth* 20:1040–1045

31. Rivers E, Nguyen B, Havstad S et al (2001) Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *N Engl J Med* 345:1368–1377
32. Schon J, Heringlake M, Berger K et al (2011) Relationship between mixed venous oxygen saturation and regional cerebral oxygenation in awake, spontaneously breathing cardiac surgery patients. *Minerva Anestesiol* 77:952–958
33. Shepherd SJ, Pearce RM (2009) Role of central and mixed venous oxygen saturation measurement in perioperative care. *Anesthesiology* 111:649–656
34. Slater JP, Guarino T, Stack J et al (2009) Cerebral oxygen desaturation predicts cognitive decline and longer hospital stay after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 87:36–44
35. Weigand MA, Bardenheuer HJ, Bottiger BW (2003) Klinisches Management bei Patienten mit Sepsis. *Anaesthesist* 52:3–22
36. Wolf M, Ferrari M, Quaresima V (2007) Progress of near-infrared spectroscopy and topography for brain and muscle clinical applications. *J Biomed Opt* 12:062104
37. Zanatta P, Forti A (2011) Effectiveness of NIRS to sample the frontal brain cortex in all cardiac surgery patients. *Minerva Anestesiol* 77:1124–1125

Heidelberger Interdisziplinäre Forum Intensivtherapie 2013



Das Heidelberger Interdisziplinäre Forum Intensivtherapie (HIFIT) wurde im Jahre 2004 gegründet. Das Forum soll allen an der Intensivmedizin beteiligten Fachdisziplinen

und in den Behandlungsprozess involvierten Berufsgruppen als Plattform für den interdisziplinären Austausch dienen. Vom 16. bis 19. Januar 2013 veranstalten die Organisatoren als Fortführung eines klinikumsinternen Aus- und Weiterbildungsprogramms die Veranstaltung HIFIT - Intensivmedizin kompakt.

Die enge Kooperation mit der Justus-Liebig Universität Gießen und der Integration von Intensivexperten mit hoher Reputation bietet die Möglichkeit der Fortbildung für intensivmedizinische Einsteiger und erfahrene Intensivärzte und Pflegekräfte. Sie eignet sich als Vorbereitung für die Facharztprüfung bzw. für die Prüfung zur fakultativen Weiterbildung Intensivmedizin. Die Veranstaltung findet in Heidelberg in der Print Media Academy statt.

Im Rahmen der Vorträge, für die Experten mit hohem Renomee und großer praktischer intensivmedizinischer Erfahrung aus ganz Deutschland gewonnen werden konnten, wird das gesamte Spektrum interdisziplinärer Intensivmedizin dargestellt. Die Referenten wurden gebeten, in ihren jeweiligen Vorträgen den Bogen von den Grundlagen zur state-of-the-art Intensivtherapie auf Basis aktueller Studien zu spannen. Darüber hinaus wird die praktische Umsetzung der einzelnen Therapieverfahren prägnant vermittelt. Neben den Schwerpunkten Herz-Kreislaufmanagement, Beatmung, Ernährung, Hygiene, Antibiotika- und Sepsistherapie werden die aktuellen Neuerungen der Intensivtherapie diskutiert.

Auch dieses Jahr werden die Organisatoren wieder eine Plattform „Meet the Experts“ anbieten, bei der in Kleingruppen von maximal 15 Teilnehmern besondere Themen schwerpunktmäßig erarbeitet werden. Die Vorträge werden ergänzt durch Fallbesprechungen und die Möglichkeit zu Bed-Side-Diskussionen auf chirurgischen, internistischen und pädiatrischen Intensivstationen.

Kontakt und Programm:
www.hifit-kongress.org
hifit@med.uni-heidelberg.de



Steigen Sie ein bei e.Med und gewinnen Sie einen BMW 320d Luxury Line Limousine

Möchten Sie von den Vorteilen des Online-Komplettangebotes für Ärzte profitieren und Ihren persönlichen Zugang zu e.Med bestellen? Dann schalten Sie sich bis zum 30. November 2012 Ihren Zugang zur digitalen Welt von Springer Medizin für nur €33,25* inkl. 19% MwSt. pro Monat frei und nutzen Sie die Gewinnchance auf einen BMW 320d Luxury Line Limousine**. Der BMW bringt Sie sicher und mit viel Freude am Fahren überall hin, wo es Straßen gibt – mit e.Med kommen Sie blitzschnell über virtuelle Datenautobahnen zu allen Inhalten von Springer Medizin.

Buchen Sie Ihr e.Med-Abo unter www.springermedizin.de/eMed und gewinnen Sie!

Jetzt
bestellen und
gewinnen



* Zzgl. Versandkostenpauschale für eine Printzeitschrift. Das Angebot richtet sich an Angehörige medizinischer Fachkreise (z.B. Ärzte). Die Mindestvertragslaufzeit beträgt im ersten Jahr 12 Monate und kann mit einer Frist von 30 Tagen vor Ablauf der Vertragslaufzeit gekündigt werden; ohne Kündigung verlängert sich der Vertrag und ist dann monatlich kündbar. Weitere Informationen unter www.springermedizin.de/eMed.

** Eine Teilnahme am Gewinnspiel ist nur bis einschließlich 30. November 2012 möglich. Teilnahmeberechtigt sind nur volljährige, natürliche Personen, die Angehörige medizinischer Fachkreise (z.B. Ärzte) und keine Mitarbeiter der Springer Medizin sind. Der Gewinner wird per Losentscheid ermittelt. Der abgebildete BMW kann hinsichtlich Modell, Farbe etc. vom tatsächlichen Gewinn abweichen. Weitere Informationen (z. B. Teilnahme, Teilnahmebedingungen) erhalten Sie unter www.springermedizin.de/eMed.