

Pulsoximetrie

Pulsoxymétrie

Robert Thurnheer

Quintessenz

● Die arterielle Hypoxämie ist auf Notfall- und Intensivstationen, aber auch perioperativ, bei internistischen Interventionen oder während Patiententransporten gefürchtet. Die Pulsoximetrie ist zur kontinuierlichen und einfachen Überwachung der Sauerstoffsättigung unverzichtbar.

● Im üblichen Messbereich (80–100%) ist die Pulsoximetrie verglichen mit der arteriell gemessenen Sauerstoffsättigung sehr exakt.

● Die Grenzen der Methode sollten dem Anwender aber bekannt sein: Eine ausreichende Sauerstoffversorgung garantiert noch keine normale Ventilation. Die Pulsoximetrie misst den Sauerstoffpartialdruck nicht, weshalb ein signifikanter Abfall der Sauerstoffspannung unter Umständen erst spät entdeckt wird.

● Beim Vorliegen einer Intoxikation, z.B. durch Kohlenmonoxid, oder bei einer medikamentös-toxisch bedingten Methämoglobinämie wird die pulsoximetrische Sauerstoffsättigung falsch hoch gemessen, was gefährliche Folgen haben kann.

● Die Pulsoximetrie wird in der Diagnostik von Atemstörungen im Schlaf verwendet. Sie eignet sich zum Nachweis chronisch nächtlicher Hypoxämie und von zyklisch repetitiven Desaturationen, welche für die Schlafapnoe typisch sind. Eine negative Pulsoximetrie schliesst aber ein Schlafapnoe-Syndrom nicht aus.

● Moderne Geräte sind mit einer differenzierten Software ausgestattet, welche ausser der aktuellen und über die Zeit gemittelten Sauerstoffsättigung auch einen Entsättigungsindex (Anzahl Entsättigungen/h), die mittlere Herzfrequenz und deren Variabilität berechnet und so zur Verbesserung der diagnostischen Aussagekraft beiträgt.

Quintessence

● *L'hypoxémie artérielle est redoutée aux urgences et aux soins intensifs, mais aussi en périopératoire, lors d'interventions en médecine interne ou du transport des patients. La pulsoxymétrie est indispensable pour la surveillance continue et simple de la saturation d'oxygène.*

● *Dans les marges usuelles (80–100%), la pulsoxymétrie est très exacte en référence à la saturation d'oxygène mesurée dans le sang artériel.*

● *Mais l'utilisateur doit connaître les limites de la méthode: un apport suffisant d'oxygène ne garantit pas une ventilation normale. La pulsoxymétrie ne mesure pas la pression partielle d'oxygène, raison pour laquelle une baisse significative de la pression d'oxygène n'est parfois diagnostiquée que tardivement.*

● *En présence d'une intoxication, par ex. au monoxyde de carbone, ou d'une méthémoglobinémie médicamenteuse-toxique, la saturation d'oxygène mesurée par pulsoxymétrie est faussement trop élevée, ce qui peut avoir de fâcheuses conséquences.*

● *La pulsoxymétrie est utilisée dans le diagnostic des troubles respiratoires pendant le sommeil. Elle est indiquée pour mettre en évidence une hypoxémie nocturne chronique et les désaturations cycliques répétitives typiques de l'apnée du sommeil. Une pulsoxymétrie négative n'exclut toutefois pas un syndrome des apnées du sommeil.*

● *Les appareils modernes comportent un logiciel sophistiqué calculant en plus de la saturation d'oxygène actuelle et dans le temps un index de saturation (nombre de désaturations/h), la fréquence cardiaque moyenne et sa variabilité, contribuant de ce fait à améliorer la sécurité du diagnostic.*

Traduction Dr G.-A. Berger



CME zu diesem Artikel finden Sie auf S. 1230 oder im Internet unter www.smf-cme.ch

Vous trouverez les questions à choix multiple concernant cet article à la page 1231 ou sur internet sous www.smf-cme.ch

Einleitung

Die Pulsoximetrie ist in der klinischen Medizin nicht mehr wegzudenken, die arterielle Sauerstoffsättigung ist auch schon das «fünfte Vitalzeichen» genannt worden. Besonders während Narkosen, auf Intensiv- und Notfallstationen und auf Patiententransporten leistet sie durch ihre hohe Verfügbarkeit, einfache Anwendung, das kontinuierlich und unmittelbar vorliegende Messresultat unschätzbare Dienste.

Klinisch lässt sich die Hypoxämie nicht einfach diagnostizieren. Eine Zyanose tritt erst ab 5 g/dl ungesättigtem Hämoglobin auf. Zudem ist das Sichtbarwerden einer Zyanose abhängig von der Hautperfusion und -pigmentierung, wie auch von der Hämoglobin-Konzentration. Arterielle Blutgasanalysen erlauben die exakte Bestimmung des Sauerstoffpartialdrucks. Kontinuierliche Messungen sind jedoch erschwert, weil dafür entweder wiederholt arteriell punktiert oder ein intraarterieller Katheter gelegt werden muss. Zudem trifft das Messresultat jeweils erst nach einigen Minuten ein. Aus diesen Gründen ist die Pulsoximetrie als nicht-invasive Methode zur kontinuierlichen Überwachung der arteriellen Sauerstoffsättigung eine beliebte Methode [1]. Ergänzend lässt sich die Pulsfrequenz ablesen. Allerdings sind der Interpretation Grenzen gesetzt, denn die Pulsoximetrie gibt keine Auskunft über die Ventilation und nur indirekte und von anderen Parametern abhängige Information über den Sauerstoffpartialdruck im Blut.

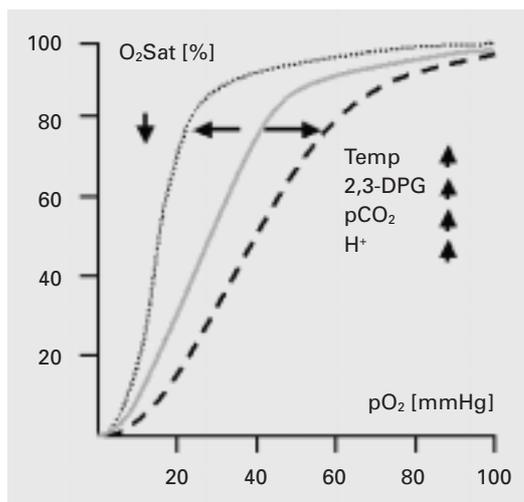


Abbildung 1.

Sauerstoffdissoziationskurve: Im flachen Anteil der Kurve bleibt die Sauerstoffsättigung auch bei Abnahme des pO_2 bis 60 mm Hg (8 kPa) lange noch hoch. Bei Azidose, erhöhter Körpertemperatur und erhöhtem 2-3-Diphosphoglycerat-Spiegel verschiebt sich die Sauerstoffdissoziationskurve nach rechts, «der Sauerstoff wird leichter ans Gewebe abgegeben». Bei Alkalose und Hypothermie fällt die Sauerstoffsättigung erst bei einem tiefen Sauerstoffpartialdruck merklich ab.

Messprinzip, Messbereich, Messgenauigkeit

Die Pulsoximetrie verbindet die Prinzipien der Spektrophotometrie und Photoplethysmographie. Die Spektrophotometrie beruht auf dem Gesetz von Lambert und Beer, wonach die Absorption von Licht einer bestimmten Wellenlänge durch eine absorbierende Lösung proportional zum Produkt der Konzentration der Lösung, der Länge des Lichtstrahls und des Extinktionskoeffizienten ist. Moderne Pulsoximeter emittieren Licht zweier Wellenlängen, eine im Rot- eine im Infrarotbereich. Oxy- und Deoxyhämoglobin haben eine unterschiedliche Absorption im Bereich dieser beiden Wellenlängen. Die Plethysmographie nutzt den pulsatilen Blutfluss. Die Leuchtdioden schalten sich mehrere hundert Male pro Sekunde ein und sind so in der Lage, die Sättigung von Oxy- und Deoxyhämoglobin während der Systole (grössere Blutmenge, stärkere Absorption) und Diastole (schwächere Absorption) zu bestimmen. Die Plethysmographie erhöht die Messgenauigkeit, weshalb auf die vormals notwendige Erwärmung der Haut auf 41 Grad verzichtet werden kann. Der gemessene Wert wird über einige Sekunden gemittelt («moving average», je nach Gerät zwischen 1 bis 15 Sekunden), die Ansprechzeit («response time») liegt in der Regel bei 9 bis 10 Sekunden. Diese Einstellungen können bei den meisten Geräten manuell verändert werden. Die Pulsoximetrie ist im Bereich von 100 bis 75% Sättigung mit der Blutgasanalyse verglichen worden; die Messgenauigkeit von modernen qualitativ guten Pulsoximetern unterscheidet sich im Mittel um weniger als 0,5%, unabhängig davon, ob die Probe am Ohr oder am Finger angelegt wurde [2]. Im klinischen Alltag erachtet man Sauerstoffsättigungen bis 80% als präzise, dieser Wert entspricht bei einem pH von 7,4 üblicherweise einem PaO_2 von 50 mm Hg (6,7 kPa) (Abb. 1 [6]) [3]. Die Genauigkeit der Pulsoximetrie ist für Sättigungen unter 70% kaum untersucht [4].

Anwendungsbereich (Tab. 1 [6])

Patientenüberwachung in Anästhesie, auf Notfall- und Intensivstationen, während Transporten und diagnostischen Eingriffen

Die Pulsoximetrie wird in allen Situationen verwendet, wo hypoxische Zustände befürchtet werden, so zum Beispiel während Narkosen und postoperativ [5], bei Notfall- und Intensivpatienten, während einer Analgo-Sedation bei diagnostischen Eingriffen (Abb. 2 [6]), bei Patiententransporten aber auch bei Gebärenden. In der invasiven und nicht-invasiven Beatmungstherapie ermöglicht die Pulsoximetrie eine rasche Anpassung von Steuerungs-Parametern wie z.B. des PEEP oder FiO_2 [6].

Tabelle 1. Anwendungsmöglichkeiten.

Patientenüberwachung in Anästhesie, auf Notfall- und Intensivstationen, während Transporten und diagnostischen Eingriffen, peripartale Überwachung Vermeiden von Sauerstofftoxizität bei Neugeborenen Monitoring und Therapieanpassung von invasiv und nichtinvasiv beatmeten Patienten Pulsoximetrie bei körperlichen Belastungstests, Spiroergometrie, 6-Minuten-Gehtest Titration und Langzeitmonitoring in der Heim-Sauerstofftherapie Pulsoximetrie in der Diagnostik und Therapiekontrolle von nächtlichen Atemstörungen, Schlafapnoe
--



Abbildung 2. Multifunktionales Überwachungsgerät: Bei Kurznarkosen und Analgosedation während diagnostischen Eingriffen werden Puls, Pulsoximetrie, Pulskurve und Blutdruck gemessen.

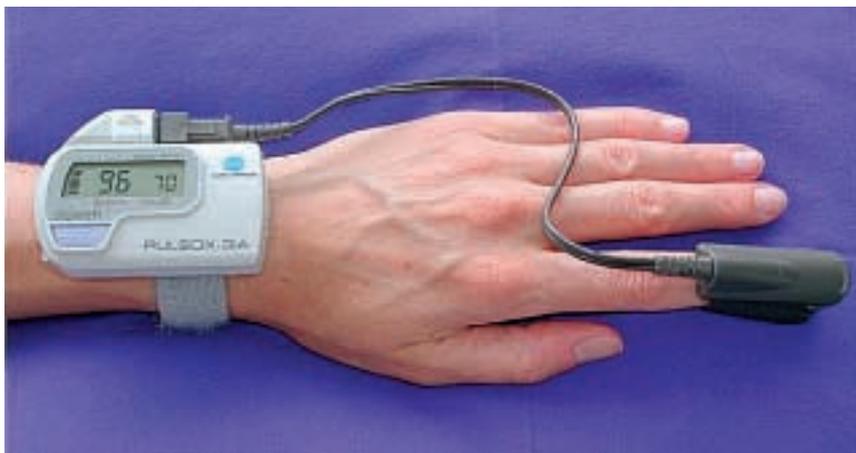


Abbildung 3. Tragbares Pulsoximetriegerät: Oximetrie und Pulsfrequenz werden über 12 h gespeichert, dieses Oximeter eignet sich für den ambulanten Einsatz, z.B. in Heim-Oximetrie-Studien bei Schlafapnoe-Patienten oder während einem 6-Min.-Gehtest. Die Daten werden statistisch ausgewertet, ein Desaturationsindex, die mittlere Sauerstoffsättigung, Pulsfrequenz und auch die Pulsvariation werden errechnet.

Pulsoximetrie bei Neugeborenen

Bei Neugeborenen kann die Pulsoximetrie auch zur Vermeidung von Sauerstofftoxizität verwendet werden. Allerdings führen bedingt durch die Form der Sauerstoffdissoziationskurve deutliche Veränderungen im pO_2 nur zu minimalen Änderungen der Sauerstoffsättigung, wenn diese be-

reits nahe bei 100% liegt (Abb. 2). Deshalb sollte bei Gefahr der Hyperoxie auch der Sauerstoffpartialdruck gemessen werden.

Pulsoximetrie bei körperlichen Belastungstests, Spiroergometrie

Die Pulsoximetrie ist ein integraler Bestandteil der Spiroergometrie. Bei untrainierten gesunden Personen kommt es auch bei maximaler körperlicher Belastung nicht zu Sauerstoffdesaturationen, bei Sportlern kann hingegen durch die pH-bedingte Rechtsverschiebung der Sauerstoffdissoziationskurve und dadurch vermehrte Sauerstoffabgabe an das Gewebe die Sättigung bei maximaler Belastung abnehmen (Abb. 2). Patienten mit interstitiellen Pneumopathien, Diffusionsstörungen und pulmonaler arterieller Hypertonie zeigen unter Belastung typischerweise eine ausgeprägte Entsättigung, während bei Patienten mit vorwiegender Verteilungsstörung wie z.B. der COPD die Sauerstoffsättigung sich unter Belastung bei gewissen Patienten unverändert halten oder sogar leicht verbessern kann. Bei kardiovaskulär bedingter Einschränkung der Leistungsfähigkeit werden oft falsch tiefe Sättigungswerte am Ohroximeter abgelesen, bedingt durch das eingeschränkte Herzminutenvolumen und eine Minderperfusion des Ohrläppchens. Zudem ist die Pulsoximetrie während Belastungstests durch Bewegungsartefakte und Änderungen der Pulswellenform störungsanfällig.

Titration und Langzeitmonitoring in der Heim-Sauerstofftherapie

Für Patienten mit chronischer Hypoxämie mit einem $pO_2 < 55$ mm Hg (7,3 kPa) oder $pO_2 < 60$ mm Hg (8,0 kPa) und Zeichen des Cor pulmonale ist der prognostische Nutzen einer Heimsauerstofftherapie bewiesen [7]. Das mittlere Überleben wird signifikant verlängert, zudem kann die physische Leistungskapazität und Lebensqualität verbessert und das Auftreten von Rechts Herzversagen verhindert werden. Bei Therapie-Neueinstellungen müssen allerdings arterielle Blutgasanalysen erfolgen, um eine allfällige CO_2 -Retention nicht zu verpassen. Zur Titration des zusätzlichen Sauerstoffbedarfes während körperlicher Belastung, z.B. beim 6-Minuten-Gehtest, kann die Pulsoximetrie mit dem Ziel einer Sättigung um mindestens 90% verwendet werden. Mittels tragbarem Pulsoximeter (Abb. 3) kann in der häuslichen Umgebung der Patienten eine allfällige belastungsbedingte Sauerstoffentsättigung oder eine Hypoxämie im Schlaf entdeckt und die Sauerstoffabgabe entsprechend angepasst werden [8].

Pulsoximetrie in der Diagnostik und Therapiekontrolle von nächtlichen Atemstörungen, Schlafapnoe

Die Pulsoximetrie eignet sich als zuverlässiges Werkzeug zur Diagnose und Therapiekontrolle

bei Schlafapnoe und anderen Störungen der Atmung. Bei sämtlichen Anwendungen sind jedoch die Grenzen der Methode zu beachten.

Die mittlere nächtliche Sauerstoffsättigung liegt bei Gesunden um 95–98% [2] und wird durch Alter, Geschlecht, Gewicht und ethnische Abstammung nur unwesentlich beeinflusst.

Typischerweise folgen die zyklischen («sägezahnartige») Sauerstoffdesaturationen bei Patienten mit obstruktivem Schlafapnoe-Syndrom (OSAS) dem respiratorischen Ereignis um 45 bis

60 Sekunden (Abb. 4 ). Um sie zu erfassen, muss die Ansprechzeit des Gerätes kurz gewählt werden. Bedingt durch unbewusste Körperbewegungen im Schlaf können Artefakte auftreten. Qualitativ gute Geräte erkennen fehlende Pulswellen als Artefakte.

Leider gibt es keine universell akzeptierte Definition für die Sauerstoffdesaturation. Am häufigsten wird in Studien eine Entsättigung um $\geq 4\%$ als bedeutsam gewertet, in anderen Studien wird ein Wert von $\geq 3\%$ oder $\geq 2\%$ verwendet. Ebenso unklar ist, wie viele Sauerstoffentsättigungen pro Stunde (Sauerstoffdesaturationsindex) noch als normal angesehen werden sollen. Da die Sauerstoffentsättigungen mit Apnoen und Hypopnoen korrelieren, wurde als pathologischer Schwellenwert («cut-off») in den meisten Studien ein Desaturationsindex von ≥ 15 als pathologisch angenommen.

Je nach Prävalenz des OSAS in der untersuchten Bevölkerung und je nach gewähltem «cut-off» sind Sensitivität und Spezifität der Pulsoximetrie sehr unterschiedlich. In einer Untersuchung von Yamashiro fand sich für die alleinige Pulsoximetrie zur Diagnose des OSAS eine Sensitivität von lediglich 69% bei einer allerdings sehr guten Spezifität. Damit würde die Schlafapnoe aber zu oft verpasst. Je höher die Sauerstoffsättigung im Wachzustand, je weniger Übergewicht und je milder das OSAS, desto weniger sensitiv ist die Pulsoximetrie. Daraus folgt, dass die Pulsoximetrie hier nur im positiven Fall weiterhilft und bei negativem Resultat trotz klinischem Verdacht eine zusätzliche Untersuchung erfolgen muss. Wird andererseits die Schwelle für das Entdecken einer Desaturation niedrig eingestellt, erhält man mit einer Sensitivität von 98% ein gutes Screeningwerkzeug, dafür könnte eine Spezifität von nur 48% zu häufigen unnötigen Therapieversuchen führen [9]. Als Screeningwerkzeug ist die Pulsoximetrie somit stark von der gewählten Geräteeinstellung und der Definition der Desaturationsrate abhängig.

Meist wird bei entsprechendem klinischem Verdacht eine ambulante respiratorische Polygraphie durchgeführt. Zusätzlich zur Pulsoximetrie werden der nasale Atemfluss, Schnarchgeräusche, Körperlage und Thorax-Abdomenbewegungen registriert (Abb. 5 ). Zentral bedingte Apnoen können von obstruktiven Apnoen mit Registrierung der Thorax- und Abdomenexkursionen sowie einem Atemfluss-Signal zuverlässig unterschieden werden.

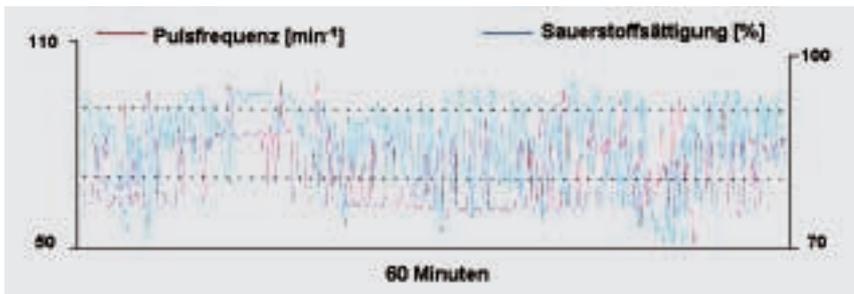


Abbildung 4. Nächtliche Pulsoximetrie, 1-h-Ausschnitt: Der Patient leidet unter den Folgen eines dekompensierten Cor pulmonale und massiver Tagesmüdigkeit. Im Screeningtest finden sich zyklische Desaturationen in der Oximetrie-Kurve (blau) mit Abfällen bis 70% Sättigung, welche je von einer Pulsfrequenz-Akzeleration gefolgt werden. Die mittlere nächtliche Sauerstoffsättigung beträgt 82%, der 4%-Desaturationsindex 49 [h]. Polygraphisch wird eine Kombination aus schwerem obstruktivem Schlafapnoe- und Adipositas-Hypopnoe-Syndrom diagnostiziert.

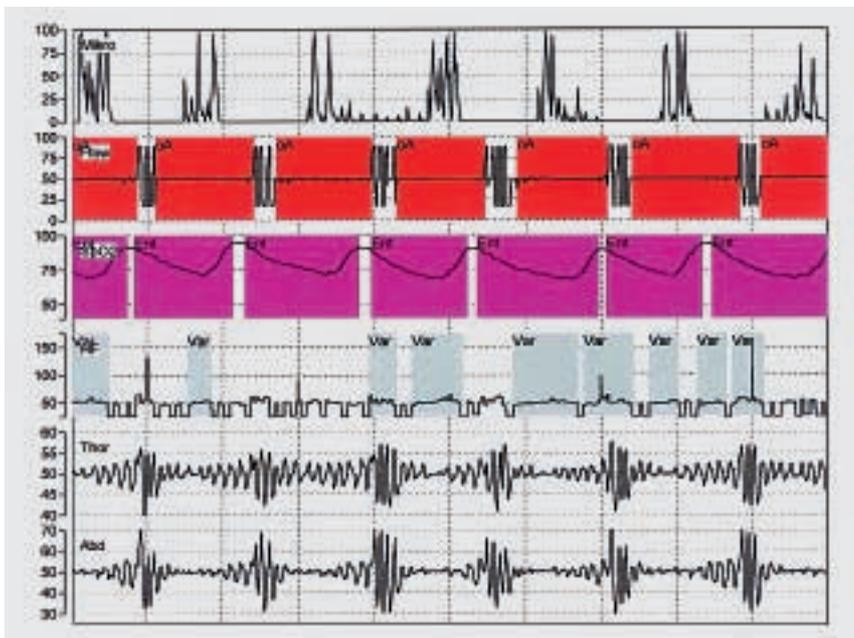


Abbildung 5. Respiratorische Polygraphie, 5-Min.-Ausschnitt: Die Sauerstoffsättigung (3. Zeile) zeigt für ein Schlafapnoe-Syndrom typische zyklisch repetitive, «sägezahnartige» Sauerstoffentsättigungen. In der Abgrenzung zentraler von obstruktiven Apnoen helfen Mikrophon (1. Zeile), ein nasales Atemfluss-Signal (2. Zeile) und eine Induktionsplethysmographie mit thorakalem und abdominalem Signal (5. und 6. Zeile). Die frustrierten Atembewegungen von Thorax und Abdomen bei fehlendem nasalem Atemfluss-Signal weisen auf die obstruktive Genese der Apnoe hin. Der Apnoe-Hypopnoe-Index betrug bei diesem Patienten 73 [h], der 4%-Sauerstoffdesaturationsindex 72 [h]. Apnoen führen auch zu einem Pulsanstieg (4. Zeile).

Herzfrequenzvariabilität

Gegen Ende der Apnoephase kommt es wegen dem hohen negativen intrathorakalen Druck zu einer reflektorischen Bradykardie (unwillkürliches Müller-Manöver); bei Eröffnung der Atemwege steigt die Pulsfrequenz an (Abb. 5). Diese Pulsvariabilität kann ebenfalls als Hinweis für einen erhöhten oberen Atemwegswiderstand im Schlaf interpretiert werden.

Fehlermöglichkeiten, Artefakte, Fehlinterpretationen (Tab. 2 ↩)

Tabelle 2. Fehlermöglichkeiten.

Technische Artefakte
Mangelnde Fixation
Starkes Umgebungslicht
Bewegungsartefakte
Patientenbezogene Artefakte
Pathologisches Hämoglobin (CO-Hb, Met-Hb)
Nagellack, Ikterus, Hautpigmentierung, Anämie, Hypoperfusion
Fehlinterpretationen
Zu spätes Erkennen einer Hypoxämie, besonders bei Linksverschiebung der Sauerstoffdissoziationskurve

Technische Artefakte

Der Mess-Clip muss gut fixiert werden, Lichtquelle und Detektor sollen der Haut direkt anliegen. Der Fingersensor sollte nicht an dem Arm angebracht werden, an welchem auch der Blutdruck gemessen wird. Starkes Umgebungslicht kann die Messungen stören, meist werden falsch tiefe Werte gemessen. Bewegungsartefakte können bei Frösteln oder Schüttelfrost durch Druck auf den Sensor oder während Transporten auftreten. Interferenzen können ausserdem mit Magnetresonanz-Scannern, Handys und Elektrokautern auftreten.

Patientenbedingte Artefakte

Anormales Hämoglobin

Carboxyhämoglobin (CoHb) absorbiert Licht einer Wellenlänge ähnlich dem Oxyhämoglobin, weshalb die Pulsoximetrie Carboxy-Hb fälschlicherweise als Oxyhämoglobin interpretiert. Auf diese Weise kann eine lebensbedrohliche Kohlenmonoxidvergiftung mit einer falsch normalen Pulsoximetrie verpasst werden.

Eine Methämoglobinämie kann ebenfalls unterschätzt werden. Bis zu einer Methämoglobinämie von 20% fällt die pulsoximetrisch gemessene Sauerstoffsättigung lediglich um ca. die Hälfte des Prozentsatzes an Met-Hb. Zur Diagnostik von pathologischem Hämoglobin hilft die Co-Oximetrie, welche dank zusätzlich emittierten Wellenlängen Met-Hb, Carboxy-Hb und Sulf-Hb erkennen kann.

Das Sichelzell-Hb verfälscht die Sauerstoffsättigungs-Messwerte in der Regel wenig, kann aber zu falsch hohen oder tiefen Werten führen.

Literatur

- 1 Pedersen T, Moller AM, Pedersen BD. Pulse oximetry for perioperative monitoring: systematic review of randomized, controlled trials. *Anesth Analg* 2003;96:426–31.
- 2 Netzer N, Eliasson AH, Netzer C, Kristo DA. Overnight pulse oximetry for sleep-disordered breathing in adults: a review. *Chest* 2001;120:625–33.

Nagellack, Ikterus, Hautpigmentierung, Anämie, Hypoperfusion

Roter Nagellack stellt meist kein Problem dar, andere Farben können zu Messungenauigkeit führen, allenfalls kann der Sensor quer an der Fingerspitze angelegt werden. Eine Hyperbilirubinämie stört die Messgenauigkeit nicht, während bei Schwarzen häufiger Messfehler auftreten können. Eine Anämie führt kaum zu Messungenauigkeiten, ausser wenn sie sehr ausgeprägt ist (<50 g/L). Eine Hypoperfusion führt häufig zu einem falsch tiefen oder ausbleibenden Signal. Man kann eine andere Mess-Stelle suchen oder die Durchblutung im betroffenen Finger durch Aufwärmen oder Massage verbessern. Bei schlechter Perfusion sind Fingersensoren weniger störungsanfällig als Ohrsensoren.

Fehlinterpretationen

Als Faustregel gilt, dass bei einer Sauerstoffsättigung von 90% das pO_2 bei 60 mm Hg liegt. Sauerstoffpartialdruck und Oxyhämoglobinsättigung stehen jedoch nicht linear sondern gemäss der bekannten S-förmigen Dissoziationskurve in Beziehung (Abb. 1). Normalerweise sind 98% des arteriellen Sauerstoffgehaltes an Hämoglobin gebunden, während das pO_2 nur den geringen im Plasma gelösten Sauerstoffanteil misst. Der Hb-gebundene und freie Sauerstoff stehen in einem Gleichgewicht. Das pO_2/SaO_2 -Verhältnis wird durch Veränderungen in pH, Temperatur und 2,3-Diphosphoglycerat beeinflusst. Bei einer Verschiebung der Kurve nach links steigt die Affinität des Hämoglobins für Sauerstoff, bei Rechtsverschiebung nimmt sie entsprechend ab (Abb. 1).

Da die Pulsoximetrie den Sauerstoffpartialdruck nicht misst, kann eine klinisch signifikante Hypoxämie längere Zeit verpasst werden [10]. Ein relevanter Abfall des pO_2 wird keinen signifikanten Abfall der Sauerstoffsättigung zur Folge haben, bis die Sättigung in den steilen Bereich der Sauerstoffdissoziationskurve fällt, z.B. bei einem pO_2 um 60 bis 70 mm Hg. Durch das Mitteln der Sättigungen über einige Sekunden hinkt die auf dem Display angezeigte Sauerstoffsättigung dem Echtwert nach, dies kann vor allem während Intubationen von Bedeutung sein.

Danksagung

Das Manuskript wurde freundlicherweise durchgesehen und auf Praxisrelevanz geprüft von Dr. med. Georg Häberlin, FMH für Innere Medizin, Hauptstrasse 84, CH-8280 Kreuzlingen.

- 3 Kolb JC, Farran P, Norris SR, Smith D, Mester J. Validation of pulse oximetry during progressive normobaric hypoxia utilizing a portable chamber. *Can J Appl Physiol* 2004;29:3–15.
- 4 Mechem CC. Pulse oximetry. *UpToDate* 2004;12(2).
- 5 Pedersen T, Dyrland PB, Moller AM. Pulse oximetry for perioperative monitoring. *Cochrane Database Syst Rev* 2003; CD002013.

Korrespondenz:

PD Dr. med. Robert Thurnheer
Leitender Arzt Pneumologie
Kantonsspital
CH-8596 Münsterlingen
robert.thurnheer@stgag.ch

- 6 Jubran A. Advances in respiratory monitoring during mechanical ventilation. *Chest* 1999;116:1416–25.
- 7 [No authors listed]. Is 12-hour oxygen as effective as 24-hour oxygen in advanced chronic obstructive pulmonary disease with hypoxemia? (The nocturnal oxygen therapy trial—NOTT). *Chest* 1980;78:419–20.
- 8 Pilling J, Cutaia M. Ambulatory oximetry monitoring in patients with severe COPD: a preliminary study. *Chest* 1999;116:314–21.
- 9 Magalang UJ, Dmochowski J, Veeramachaneni S, Draw A, Mador MJ, El Solh A, et al. Prediction of the apnea-hypopnea index from overnight pulse oximetry. *Chest* 2003;124:1694–1701.
- 10 Perkins GD, McAuley DF, Giles S, Routledge H, Gao F. Do changes in pulse oximeter oxygen saturation predict equivalent changes in arterial oxygen saturation? *Crit Care* 2003;7:R67.