

Blutgasanalytik – eine Thematik zwischen Labor und Station

Xtra Vol. 14.2 | 2010 | Nr. 11

Die Blutgasanalyse (BGA) ist ein fester Bestandteil heutiger Diagnostik und aus den Krankenhäusern – und mittlerweile vielen Arztpraxen – nicht mehr wegzudenken. Dabei hat die BGA als eine der ersten Blutuntersuchungen den Sprung aus dem Labor auf die Stationen geschafft.

Die ersten BGA-Geräte standen ausschließlich im Labor und stellten hohe Anforderungen an das Laborpersonal. Weil aber das Probenmaterial schnell verarbeitet werden muss und die Ergebnisse so schnell wie möglich zur Verfügung stehen sollen, stehen die Geräte heutzutage immer häufiger in der Nähe des Operationssaals oder auf der Intensivstation. Deshalb arbeiten die Hersteller mit Hochdruck daran, die Geräte schneller und einfacher in der Handhabung zu machen.

Sowohl die Zeit als auch die Präanalytik stellen bei der BGA die entscheidenden Faktoren dar. Durch die minimalen Probenmengen von teilweise unter 100 µL pro Patient gerinnen diese Proben trotz Antikoagulant-Zusatz in sehr schneller Zeit. Sobald sich Gerinnsel gebildet haben, können BGA-Geräte keine zuverlässige Bestimmung mehr durchführen. Da es sich bei den Analyten um Gase handelt, lassen sich diese im Abnahmesystem praktisch nicht konservieren. Je mehr Zeit zwischen Abnahme und Messung verstreicht, desto mehr Gas verflüchtigt sich, was dann wiederum zu falschen Messergebnissen führt. Dies ist gerade bei diesen Vitalparametern als äußerst kritisch anzusehen.

Dieses Themenblatt soll Ihnen einen Einblick in die unterschiedlichen Anforderungen an ein BGA-Gerät geben. Wir möchten die Blutgasanalyse aus drei unterschiedlichen Blickwinkeln beleuchten, und zwar aus Sicht des:

- Labors
- Pflegepersonals
- POC-Beauftragten

So können wir Ihnen die umfangreichen Aufgaben dieser Geräte näher bringen.

Die Blutgasanalyse aus dem Blickwinkel des Labors

Die BGA gehört zwar meistens noch zum Zuständigkeitsbereich des Labors, aber die Geräte sind immer häufiger dezentral platziert, so dass die Erfahrungen und die Routine im Umgang mit dieser Analyse leider in Vergessenheit geraten. Daher bieten wir Ihnen hier eine kurze Auffrischung hinsichtlich der grundlegenden BGA-Parameter an.

pO₂ – der partielle Sauerstoffdruck

Normwert (arteriell): 72 – 100 mmHg

Mittels des pO₂-Wertes beurteilt der Mediziner die Lungenaktivität. Meist wird der pO₂ gemeinsam mit der Sauerstoffsättigung sO₂ beurteilt, welcher die Bindung des Sauerstoffs an das Hämoglobin in den Erythrozyten widerspiegelt.

Die Analyse des pO₂ geschieht klassischerweise über eine Platin- oder Goldelektrode, die mit einer Bezugslektrode in einer elektrolythaltigen Lösung eingetaucht ist. Durch die Verbindung mit einer Spannungsquelle werden die O₂-Moleküle an der Elektrode reduziert und bewirken eine Ladungsverschiebung, die amperometrisch bestimmt werden kann. Die Stromstärke ist direkt proportional zum Sauerstoffpartialdruck.

pCO₂ – der partielle Kohlendioxiddruck

Normwert (arteriell): 35 – 46 mmHg

Der pCO₂-Wert gibt Aufschluss über die Abatmung des Kohlendioxids über die Lungen.

Die Analyse des pCO₂ erfolgt über eine pH-Elektrode, die in eine Bikarbonatlösung eingetaucht ist. Wichtig ist die Selektion der Moleküle über eine gaspermeable Membran, die um die Elektrode herum gespannt ist. Diffundiert CO₂ durch die Membran, ändert sich die H⁺-Ionen-Konzentration in der Lösung und bewirkt eine Änderung des Potentials.

pH-Wert

Normwert (arteriell): 7,35 – 7,45

Der pH-Wert (negativer dekadischer Logarithmus der Wasserstoffionen-Konzentration) bestimmt das Gleichgewicht der Säuren und Basen im Blut.

Die Analyse erfolgt über eine Glasmembran (ionenselektive Membran [ISE]), die durchlässig für H^+ -Ionen ist, und einen Silberdraht. Das angeschlossene Voltmeter bestimmt die Potenzialdifferenz zu der Referenzelektrode, die wiederum direkt proportional zur Wasserstoffionen-Konzentration ist.

HCO_3^- – Standard-Bikarbonat

Normwert (arteriell): 23 – 27 mmol/L

Die Standard-Bikarbonatkonzentration und der pH-Wert informieren den Mediziner über eine Verschiebung des Säure-Basen-Haushalts und dessen Ursprung.

Der HCO_3^- -Wert wird über die Henderson-Hasselbalch-Gleichung berechnet.

Die Bikarbonatkonzentration ist allerdings immer abhängig von der Konzentration des pCO_2 . Um einen respiratorischen Einfluss auszuschließen, bezieht man sich beim Standardwert immer auf eine Bikarbonatkonzentration, die bei einem pCO_2 von 40 mmHg vorliegen würde.

$$\log [HCO_3^-] = pH + \log (pCO_2 \times 0,0307) - 6,11$$

(Henderson-Hasselbalch-Gleichung aufgelöst nach dem Logarithmus des Bikarbonats)

B. E. – Base Excess

Normwert (arteriell): – 2 bis + 2 mmol/L

Der »Base Excess« oder im Deutschen auch die »Basenabweichung« beschreibt die Differenz der im Blut vorliegenden Pufferbasen zum Normalwert. Mit Pufferbasen ist die Summe aller Systeme gemeint, die in der Lage sind, H^+ -Ionen aufzunehmen (HCO_3^- , Hb, Proteine, Phosphate).

Ist der B. E. beispielsweise mit 3,5 mmol/L berechnet, so benötigt man 3,5 mmol/L Säure, um die Probe wieder auf 0 und somit auf einen pH-Wert von 7,38 bei 40 mmHg pCO_2 zu titrieren.

Die Blutgasanalytik aus dem Blickwinkel des Pflegepersonals

Für die Pflege gibt es im Wesentlichen zwei wichtige Aspekte der BGA: zum einen, welche Auswirkungen die Blutgaswerte des Befundes für den Patienten haben. Die BGA-Parameter sind besonders zeitkritisch, da sie zur Steuerung und Überwachung der Atmungsparameter dienen. So kann z. B. eine nicht oder zu spät erkannte Azidose lebensbedrohlich sein. Daher möchten wir in einer kurzen Zusammenfassung die klinische Bedeutung des Säure-Basen-Haushalts beschreiben.

Zum anderen ist es wichtig, dass das Gerät auf der Station einfach zu handhaben ist und wenig Wartungsaufwand benötigt. Das Messen von Blutproben darf nicht zu aufwändig sein und die eigentliche Aufgabe des Pflegepersonals, nämlich Patienten gesund zu pflegen, nicht behindern. Deshalb möchten wir Ihnen stichpunktartig neueste Erkenntnisse in Bezug auf die Point-of-Care-Messung näher bringen.



Der Säure-Basen-Haushalt

Störungen des Säure-Basen-Haushalts lassen sich grundsätzlich in zwei Gruppen unterteilen: respiratorische und metabolische Störungen.

Respiratorische Änderungen werden über das Kohlendioxid gesteuert. Durch Hydratation (Anlagerung von Wassermolekülen) von Kohlendioxid entsteht Kohlensäure. Daher wird über vermehrte oder verminderte Abatmung des CO_2 in Sekundenschnelle direkt Einfluss auf die Kohlensäure-Konzentration im Blut genommen.

Durch Hypoventilation kommt es zur verminderten Abatmung von CO_2 . Der pCO_2 im Blut steigt, der pH-Wert fällt und der Patient gerät in eine **respiratorische Azidose**. Dies kann z. B. durch Atemstörungen aufgrund des Einflusses von Betäubungsmitteln oder auch durch falsch eingestellte Beatmungsgeräte verursacht werden.

Wird hingegen durch Hyperventilation vermehrt CO_2 abgeatmet, spricht man von einer **respiratorischen Alkalose**. Der pCO_2 sinkt und der pH-Wert im Blut steigt über 7,45. Dies kann z. B. bei starker Atmung nach Angstzuständen, aber auch bei chronischen Lungenerkrankungen (COPD) eintreten.

Die metabolischen Einflüsse des Säure-Basen-Haushalts werden hauptsächlich über das Bikarbonat-Puffersystem gesteuert. Verschiebungen in diesem System benötigen allerdings Stunden, manchmal sogar Tage, bis sie sich bemerkbar machen. Die Steuerung erfolgt u. a. über die Ausscheidung von H^+ - oder HCO_3^- -Ionen über die Nieren.

Bei der **metabolischen Azidose** handelt es sich um einen Basenverlust des Blutes oder einen Anstieg der fixen Säuren. Der pH-Wert liegt unter 7,35, die HCO_3^- -Konzentration sinkt, und der B. E. liegt unter -2 mmol/L. Diese Zustände entstehen bei vermehrter Ansammlung von Stoffwechselprodukten im Blut, z. B. bei einer Ketoazidose, bei entgleistem Diabetes mellitus oder akutem Nierenversagen. Auch eine Alkoholvergiftung oder starke Durchfallerkrankungen können eine metabolische Azidose verursachen.

Unter einer **metabolischen Alkalose** versteht man eine Erhöhung der Basenkonzentration im Blut oder einen Verlust von H^+ -Ionen. Der pH-Wert steigt über 7,45, die HCO_3^- -Konzentration steigt, und der B. E. liegt über $+2$ mmol/L. Starkes Erbrechen, falsche Diuretika-Therapie oder Hypokaliämien sind Beispiele für die Ursache einer metabolischen Alkalose.

Bei den metabolischen Entgleisungen versucht der Körper meist durch eine respiratorische Kompensation, das Gleichgewicht wieder herzustellen.



Hier noch einmal eine Veranschaulichung der beiden großen Puffersysteme im Körper:



Point-of-Care-Testing (POCT)

Obwohl die Analyse von kritischen Blutparametern direkt auf der Station wichtig ist, darf sie nicht die eigentliche Arbeit des Ärzte- und Pflegepersonals behindern. Alle Blutuntersuchungen unterliegen strengen Vorschriften und Richtlinien, die auch dann gelten, wenn diese Untersuchungen außerhalb des Labors durchgeführt werden. Daher entwickeln die Gerätehersteller immer wieder neue Technologien, um den Bedienern den Umgang mit ihren Geräten zu vereinfachen.

Die Schwerpunkte liegen u. a. auf:

- Messung der Kontrollen
- Probenhandhabung
- Kalibrationen
- Spülungen und Wartung
- Reagenzwechsel

Die Blutgasanalytik aus dem Blickwinkel des POC - Beauftragten

Die Aufgaben eines POC-Beauftragten sind vielfältig. Neben Kenntnissen der Diagnostik ist vor allem das Wissen über den Arbeitsablauf der jeweiligen POC-Station notwendig. Weiterhin gehören zu seinen Aufgaben:

- Wirtschaftlichkeitsprüfung
- Berücksichtigung der Arbeitsprozesse des Pflegepersonals
- Sichere Bereitstellung der Messergebnisse
- Einhaltung der geltenden Vorschriften und Richtlinien

Eine gute Nachricht: Auch die Bundesärztekammer hat in ihren Richtlinien zur Qualitätssicherung (Rili-BÄK) eine Vereinfachung der POC-Analysen eingeführt. Die schlechte Nachricht ist jedoch, dass, obwohl ein BGA-Gerät patientennah eingesetzt wird, viele BGA-Geräte nicht unter die »gemilderten« Vorschriften der Rili-BÄK fallen.

Warum ist das so? Die POC-Vorschriften der Rili-BÄK gelten nur für die sogenannten »Unit-Use-Geräte«. Das sind Geräte, die pro Analyse eine einzelne Messkammer, einen Messstreifen oder ein Reaktionsgefäß verbrauchen, d. h. nur einmal verwendbar sind. Da diese Technologie bei den meisten BGA-Geräten keine Verwendung findet, gelten die strengeren Rili-BÄK-Vorschriften für die reguläre Laboranalyse. Diese beanspruchen einen erhöhten Zeitaufwand und setzen entsprechende Kenntnisse in der Qualitätsdokumentation voraus.

Hinzu kommen Wartungsmaßnahmen, die regelmäßig und im Bedarfsfalle, z. B. nach einer Verstopfung, durchgeführt und protokolliert werden müssen. Zur Aufgabe des POC-Beauftragten gehört es also auch, im Vorfeld abzuklären, in welche Kategorie das BGA-Gerät fällt.

Blutgas-Analysensysteme von OPTIMedical – eine Lösung für viele Einsatzorte

Die Sysmex Deutschland GmbH kooperiert seit Anfang 2010 mit der Firma OPTIMedical. Seit mehr als 15 Jahren wird dort die Blutgasanalytik als Kerngeschäft betrieben und ständig weiter verbessert. Das POC-Produkt von OPTIMedical ist der OPTI CCA-TS, den wir Ihnen hier kurz vorstellen möchten.



Der OPTI CCA-TS ist ein weitestgehend wartungsfreies, echtes Point-of-Care-Blutgas-Analysegerät. Es bedient sich der optischen Fluoreszenz-Messtechnologie mittels Optoden. Diese Optoden benötigen keine Referenzelektrode, so dass sie im Gegensatz zu herkömmlichen Elektroden nicht kalibriert werden müssen.

Der OPTI CCA-TS arbeitet mit Einmalkassetten, die in verschiedenen Parameter-Profilen erhältlich sind. So kann man flexibel das Panel wählen, welches man für den jeweiligen Patienten benötigt. Durch diese einzelnen Kassetten, die man nach jeder Analyse verwirft, kommt es zu keinerlei Verstopfungen im System, die mühsam heraus gespült werden müssten. Außerdem greifen hier die vereinfachten Vorschriften der Rili-BÄK, und das Pflegepersonal hat kaum Dokumentationsaufwand für die QC. Ein integrierter Akku ermöglicht es, dass das Gerät im Notfall sogar bis an den OP-Tisch

OPTI CCA-TS

Kurz und bündig

- Automatische Probenzufuhr
- Einmalkassetten, daher vereinfachte Rili-BÄK-Vorschriften
- Lange Kassettenstabilität
- Feste Kosten pro Patient
- Gemessenes Hämoglobin
- Nahezu wartungsfreies System
- Portabler Einsatz
- Unterschiedliche Kassettenprofile für eine optimale Befundkonstellation

gebracht werden kann, um eine sofortige Analyse durchzuführen. Das Unit-Use-Prinzip sorgt außerdem für eine gute Kostentransparenz, da keine laufenden Gerätekosten durch Spül- oder Kalibrationszyklen entstehen.

Fazit: ein Konzept, das an Standorten mit geringem bis mittlerem Probenaufkommen alle Beteiligten zufrieden stellen kann.



Für Standorte mit höherem Probenaufkommen bietet die Firma OPTIMedical selbstverständlich auch ein System an – den OPTI-R. Dieses System ermittelt die Werte ebenfalls mit dem Prinzip der optischen Fluoreszenz und arbeitet mit Kassetten, die für bis zu 50 Proben ausgelegt sind.

Literatur

- Thomas L.: *Labor und Diagnose*, TH Books Verlagsgesellschaft (6. Auflage), 2005
- Silbernagl S., Despopoulos A.: *Taschenatlas der Physiologie*, Georg Thieme Verlag (6. Auflage), 2008
- Schmidt R. F., Thews G.: *Physiologie des Menschen*, Springer Verlag (26. Auflage), 1995
- Luppa P., Schlebusch H.: *POCT – Patientennahe Labordiagnostik*, Springer Verlag (1. Auflage), 2008