

# Wie misst man die lokale Perfusion richtig?

## Zum Beitrag:

Birnbaum J, Lehmann C, Taymoorian K et al (2003) Einfluss von Dopexamin und Iloprost auf die Plasma-Disappearance-Rate von Indozyaninr Grün bei Patienten im septischen Schock. Anaesthesist 52:1014-1019

R. Zander

Institut für Physiologie und Pathophysiologie der Universität Mainz

Die in dieser Arbeit verwendete Methodik „Tonometrie“ wird von den Autoren abwegig beschrieben, falsch eingesetzt und liefert dann unrealistische bzw. atypische Ergebnisse.

Das Prinzip der sogenannten „Tonometrie“, in welcher Form auch immer, besteht in der Messung des intramukosalen oder intraluminalen CO<sub>2</sub>-Partialdruckes (piCO<sub>2</sub>) mit dem Ziel, die lokale Perfusion, hier des Magens, zu beurteilen. Jede Abnahme der Durchblutung muss eine Zunahme des piCO<sub>2</sub> (gestörter CO<sub>2</sub>-Abtransport), jede Perfusionssteigerung eine Abnahme des piCO<sub>2</sub> zur Folge haben (verbessertes CO<sub>2</sub>-Abtransport). Dabei kann man nachweislich den lokalen piCO<sub>2</sub> mit dem venösen pvCO<sub>2</sub> praktisch gleichsetzen [2].

Da aber der piCO<sub>2</sub> zwangsläufig auch von jeder ventilatorischen Änderung des arteriellen CO<sub>2</sub>-Partialdruckes (paCO<sub>2</sub>) abhängen muss, kann als diagnostische Größe nur die arterio-intramukosale CO<sub>2</sub>-Partialdruck-Differenz aiDCO<sub>2</sub> verwendet werden [1, 2, 3, 4, 5]. Ihr Normalwert wurde mit ca. 10 mmHg abgeleitet

[2], d.h. der piCO<sub>2</sub> = pvCO<sub>2</sub> beträgt ca. 50 mmHg bei arteriell 40 mmHg.

Die Umrechnung des piCO<sub>2</sub> in einen fiktiven intramukosalen pH (pHi) ist fehlerhaft, daher fragwürdig und somit überflüssig [5], insbesondere weil sich jetzt auch nicht-respiratorische Störungen des arteriellen Säure-Basen-Status im pHi abbilden müssten. Normwerte für den piCO<sub>2</sub> allein kann es aus diesen Gründen nicht geben, schon gar nicht für den sogenannten pHi [5]. Nur die aiDCO<sub>2</sub>, nicht der pHi oder der piCO<sub>2</sub>, sind mit der Durchblutung allein korreliert (Abb. 1).

Auf diese über Jahre geführte Diskussion hat die Firma Datex-Ohmeda insofern reagiert, als sie ein System anbietet, mit dem die aiDCO<sub>2</sub> mit nur einem einzigen Gerät intermittierend gemessen werden kann: Der piCO<sub>2</sub> im Magen über eine Magensonde mit luftgefülltem Ballon und der paCO<sub>2</sub> als endexpiratorischer bzw. endtidaler Wert (peECO<sub>2</sub> bzw. petCO<sub>2</sub>).

Dass die Autoren diese Entwicklung nicht annehmen und sogar rückgängig

machen, also Messung der arteriellen Bikarbonatkonzentration mit einem zweiten Gerät, ist unverständlich. Dies wird daher im folgenden mit der von den Autoren benutzten Henderson-Hasselbalch-Gleichung mit pK = 6,1 und αCO<sub>2</sub> = 0,03 mmol/l/mmHg rückgängig gemacht.

Einem Ausgangswert des pHi von 7,52 in der Dopexamin-Gruppe entspricht bei normaler Beatmung auf einen paCO<sub>2</sub> von 40 mmHg (unterstellt) einer arteriellen HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Konzentration von 24 mmol/l und damit einem piCO<sub>2</sub> von 30,4 mmHg. Diesen Wert kann es nicht geben, denn er entspräche einem CO<sub>2</sub>-Verbrauch der Magenmukosa, d.h. das Blut tritt mit einem paCO<sub>2</sub> von 40 mmHg in die Mukosa ein und verlässt sie mit einem piCO<sub>2</sub> (gleich pvCO<sub>2</sub>) von 30,4 mmHg. In pHi-Einheiten ausgedrückt: Der pH der Magenmukosa muss unterhalb des arteriellen Wertes liegen, weil jedes Gewebe CO<sub>2</sub> und H<sup>+</sup>-Ionen produziert.

Mit den folgenden Spekulationen wird versucht, diesen abwegigen pHi von 7,52 zu erklären; die Spekulationen sollen zeigen, dass der Säure-Basen-Status des ar-

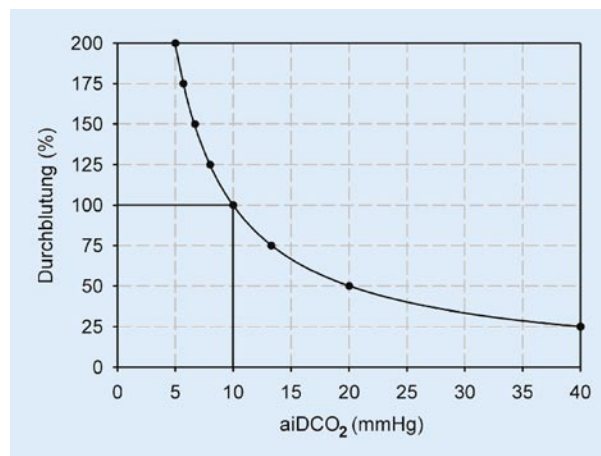


Abb. 1 ◀ Erwartete Änderung der Durchblutung (%) in Abhängigkeit von der gemessenen arterio-intramukosalen CO<sub>2</sub>-Partialdruck-Differenz aiDCO<sub>2</sub> (mmHg): Ausgehend vom Normalwert, d.h. normale Durchblutung (100 %) bei einer aiDCO<sub>2</sub> von 10 mmHg, muß die Durchblutung bei Halbierung der aiDCO<sub>2</sub> auf 5 mmHg verdoppelt (200%) und bei Verdoppelung der aiDCO<sub>2</sub> auf 20 mmHg halbiert sein (50%)

teriellen Blutes natürlich den  $pH_i$  beeinflussen muss:

- Wären die Patienten auf einen  $paCO_2$  von ca. 10 mmHg hyperventiliert worden (arterielle  $cHCO_3^-$  nur 16 mmol/l), dann entspräche der  $pH_i$  von 7,52 einem  $piCO_2$  von 20 mmHg. Die  $aiDCO_2$  wäre jetzt mit 10 mmHg positiv, d.h. das arterielle Blut träte mit einem  $pCO_2$  von 10 mmHg ein und verliesse die Mukosa mit 20 mmHg, entsprechend einer normalen Durchblutung.
- Hätten die Patienten einen BE von + 15 mmol/l ( $cHCO_3^- = 39,5$  mmol/l), dann entspräche der  $pH_i$  von 7,52 einem  $piCO_2$  von 50 mmHg und damit einer  $aiDCO_2$  bei  $paCO_2$  von 40 mmHg mit jetzt 10 mmHg wieder dem Normalwert mit normaler Magen-Durchblutung.

Es ist offensichtlich, dass diese Spekulationen unrealistisch sind, sie wären überflüssig, hätten die Autoren den gemessenen (!) arteriellen  $pCO_2$  bzw. den  $petCO_2$  mitgeteilt.

Der zweite Ausgangswert des  $pH_i$  von 7,34 in der Iloprost-Gruppe entspricht, normale Beatmung unterstellt, einem  $piCO_2$  von 46 mmHg und damit einer  $aiDCO_2$  von 6 mmHg, also einer Magen-Durchblutung von 167% im Vergleich zum Normalwert (vergl. **Abb. 1**).

In beiden Patientengruppen handelt es sich somit um unrealistische bzw. atypische Werte. Die Aussage, „die ermittelten  $pH_i$ -Werte lagen bei beiden Untersuchungsgruppen im Bereich normaler Werte“, muss daher ausdrücklich zurückgewiesen werden.

Die Feststellung der Autoren, dass „mittlerweile der mukosal-arteriellen  $CO_2$ -Differenz der Vorzug gegeben wird“, ist anhand der aufgeführten vier englischen Zitate „mittlerweile“ ca. 7 Jahre her; „mittlerweile“ erhöht sich auf 8 Jahre, wenn man auch noch die Zitate deutscher Zeitschriften berücksichtigen würde [3, 4], wenn man wollte sogar in englisch [3].

Auf diese Weise tragen auch diese Autoren leider wieder dazu bei, dass die Impact-Faktoren deutscher Zeitschriften immer schlechter werden, selbst dann,

wenn man eine deutsche Priorität zitieren könnte.

## Korrespondierender Autor

**Prof. Dr. med. R. Zander**

Institut für Physiologie und Pathophysiologie  
Universität Mainz  
Saarstrasse 21  
55099 Mainz  
E-Mail: zander@uni-mainz.de

## Literatur

1. Knichwitz G (1995) Die intramukosale  $pCO_2$ -Messung: Pro. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 30 (Suppl 1):10-13
2. Nöldge-Schomburg G, Armbruster K, Geiger K, Zander R (1995) Der Normalwert des intramukosalen  $CO_2$ -Partialdruckes ( $piCO_2$ ) Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 30 (Suppl 1):18-19
3. Mertzlufft F, Zander R (1995) The liver: The forgotten organ in acid-base balance? Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 30 (Suppl 1):6-9
4. Zander R (1995) Die Leber - das vergessene Organ im Säure-Basen-Haushalt? Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 30 (Suppl 1): 2-5
5. Zander R (1998) Die arterio-intramukosale  $CO_2$ -Partialdruck-Differenz ( $aiDCO_2$ ). Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 33 (Suppl 2): 52-53

## Erwiderung

**Jürgen Birnbaum<sup>1</sup> · Claudia Spies<sup>1</sup>  
Christian Lehmann<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Klinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin Charité – Universitätsmedizin Berlin, Campus Charité Mitte

<sup>2</sup> Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin Ernst Moritz Arndt Universität Greifswald

Die Diskussion um Parameter wie den  $pH_i$  weist einmal mehr auf die Schwierigkeiten bei der Untersuchung der regionalen Perfusion bei kritisch kranken Patienten hin. Die Limitierungen des Parameters  $pH_i$  im Zusammenhang mit der Beurteilung der Hepatosplanchnikusperfusion sind hinlänglich bekannt.

Das Ziel der vorgelegten Arbeit war der direkte Vergleich der Wirkungen von Dopexamin bzw. Iloprost auf die Hepatosplanchnikusperfusion und -funktion im septischen Schock. Aus diesem Grunde benutzten wir das gleiche Protokoll, wie in einer vorangegangenen Untersuchung unserer Arbeitsgruppe zum Iloprost [1]. Die ermittelten  $pH_i$ -Werte befinden sich in Bereichen, die in anderen Untersuchungen als normal angegeben werden.

Fiddian-Green und Baker [2] fanden bei 85 postoperativen kardiochirurgischen Patienten Durchschnittswerte um 7,52. Die meisten perioperativen Studien geben  $pH_i$ -Werte unter 7,2 bis 7,32 als pathologisch an [3]. Bjorck et al. [4] zeigten beispielsweise, dass ein  $pH_i$  unter 7,2 Komplikationen nach Aorten Chirurgie mit einer Sensitivität von 100% und einer Spezifität von 82% vorher sagen kann. Auf Grund der umfangreichen Literatur zum prädiktiven Wert der  $pH_i$ -Messung erschien es zum Untersuchungszeitpunkt noch gerechtfertigt, den Parameter in unserer Studie anzugeben.

Inzwischen ist bekannt, wie von Herrn Zander noch einmal dargestellt, dass die Kalkulation des  $pH_i$  zu einer Einbeziehung nicht-respiratorischer Störungen des arteriellen Säure-Basen-Status in die Tonometriemessung führt [5]. Deshalb wurde der  $pH_i$  in unserer Arbeit bewusst nicht als Parameter der Hepatosplanchnikusperfusion herausgestellt. Die gastrointestinale Durchblutung wird dahingehend beschrieben, dass sie mit der mukosal-arteriellen  $CO_2$ -Differenz ( $pCO_2$ -Gap) korreliert. Die Werte bei unseren Patienten lagen initial bei 10 (8-33) mmHg für die Iloprostpatienten und bei 12 (3-38) mmHg für die Dopexaminpatienten ohne Unterschied zwischen den Gruppen. Die extreme Variabilität der Werte im Verlauf ohne signifikanten Unterschied (0-59 mmHg) zeigt aber, dass keine Aussage im Rahmen unserer Untersuchung möglich ist. Inzwischen sind neue Entwicklungen, wie z.B. die sublinguale Tonometrie [6] geprüft worden, die möglicherweise bessere Ergebnisse liefern könnten. Die Berechnung des  $pCO_2$ -Gap ist ein interessanter Aspekt, hatte aber in unserer Untersuchung eine hohe Variabilität, so dass es der Planung dieses Parameters als Zielgröße bedarf, was bei uns nicht der Fall war.

Sicher kann die Perfusion nur mit dem aufwändigen und invasiven Lebervenenkatheter bestimmt werden. Eine weniger invasive, aber in der Aussage ähnlich dem  $pCO_2$ -Gap sicher nur eingeschränkte Alternative ist die Bestimmung der Plasma-Disappearance-Rate des Farbstoffes Indozyanin grün (PDR<sub>ICG</sub>) als Globalparameter zur Einschätzung der Leberperfusion und -funktion. Die PDR<sub>ICG</sub>-Methode

ist ein bettseitiges Verfahren, das einfach einsetzbar und auch nicht-invasiv verfügbar ist. Welches der Verfahren sich langfristig durchsetzen wird, muss durch weitere klinische Studien geklärt werden.

### Korrespondierender Autor

**Dr. J. Birnbaum**

Klinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin, Universitätsklinikum Charité, Campus Charité Mitte, 10098 Berlin  
E-Mail: juergen.birnbaum@charite.de

### Literatur

1. Lehmann C, Taymoorian K, Wauer H, Krausch D, Birnbaum J, Kox WJ (2000) Effects of the stable prostacyclin analogue iloprost on the plasma disappearance rate of indocyanine green in human septic shock. *Intensive Care Med* 26:1557-1560
2. Fiddian Green RG, Baker S (1987) Predictive value of the stomach wall pH for complications after cardiac operations: comparison with other monitoring. *Crit Care Med* 15:153-156
3. Sutcliffe NP (1996) pHi: a review of the literature. *Clin Intensive Care* 7:258-264
4. Bjorck M, Hedberg B (1994) Early detection of major complications after abdominal aortic surgery: predictive value of sigmoid colon and gastric intramucosal pH monitoring. *Br J Surg* 81:25-30
5. Zander R (1998) [Arterial-intramucosal CO<sub>2</sub>-partial pressure difference (aiDCO<sub>2</sub>)]. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 33 Suppl 2:S52-53
6. Boswell SA, Scalea TM (2003) Sublingual capnometry: an alternative to gastric tonometry for the management of shock resuscitation. *AACN Clin Issues* 14:176-184

## Buchbesprechung

### M. Zenz, M. Strumpf, A. Willweber-Strumpf **Taschenbuch der Schmerztherapie**

Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH  
Stuttgart, 2004, 2. Aufl., 262 Seiten,  
ISBN 3-8047-2046-3, 13,50 EUR

9 Jahre nach Erscheinen der Ausgabe „Taschenbuch der Schmerztherapie“ von M. Zenz liegt nunmehr die 2. Auflage dieses informativen Büchleins in einer neuen Bearbeitung vor. Der Erstautor M. Zenz hat dafür zwei fachlich versierte und praxiserfahrene ehemalige Mitarbeiter seiner Klinik, Herrn M. Strumpf und Frau A. Willweber-Strumpf, als Co-Autoren gewonnen. Erfreulicherweise wurden die übersichtliche Darstellung, der komprimierte Charakter und die klare Strukturierung der 1. Auflage beibehalten und weiter entwickelt, so dass sich der Leser in wenigen Minuten informieren kann und ein fest umrissenes Handlungskonzept vorfindet.

Schwerpunkt bildet mit 172 Seiten das Kapitel „Spezielle Schmerzerkrankungen“, in dem alle wichtigen Krankheitsbilder chronischer Schmerzen beschrieben sind, begonnen von den Symptomen, über Diagnostik bis zum therapeutischen Vorgehen, versehen mit Hinweisen u. a. zu Prognose, Gefahren, Fehlern und Komplikationen. Völlig neu ist der Abschnitt „Medikamente in der Schmerztherapie“ gestaltet, in dem alle Standard- und neueren Medikamente tabellarisch übersichtlich mit Angaben zu Dosierung, Nebenwirkung und Wechselwirkung eingearbeitet sind und auch die Therapie bei nicht-tumorbedingten Schmerzen entsprechend platziert ist. Bei den speziellen invasiven und alternativen Schmerztherapiemethoden sind vordergründig die Indikationen dafür zu finden. Psychologische Therapieverfahren und Krankengymnastik werden abschließend kurz und prägnant abgehandelt.

Der Leser hat außerdem die Möglichkeit, sich anhand der insgesamt 140 aktuellen Literaturquellen (davon 80% aus den Jahren 2000 – 2003!), die den jeweiligen Kapiteln zugeordnet sind, weitere Informationen einzuholen.

Das empfohlene standardisierte Vorgehen zur Diagnostik und Therapie - von Zenz in seinem Vorwort auch als „Bochumer Leitlinie“ bezeichnet - ist seit Erscheinen der 1. Auflage im Jahre 1995 inzwischen von vielen schmerztherapeutischen Einrichtungen unseres Landes übernommen worden und dürfte in der vorlie-

genden aktualisierten Form wieder eine weite Verbreitung finden.

Fazit: Der Inhalt der 2. Auflage des Taschenbuches der Schmerztherapie entspricht dem heutigen Wissensstand zum Vorgehen der Behandlung von Patienten mit nahezu allen Arten chronischer Schmerzerkrankungen. In komprimierter und übersichtlicher Form ermöglicht es eine schnelle Orientierung und gehört deshalb in die Hand bzw. in die Kitteltasche eines jeden ambulant und stationär tätigen Arztes, der mit chronischen Schmerzpatienten zu tun hat. Die ansprechende äußere Gestaltung und der günstige Preis von 13,50 € runden das gute Gesamtbild dieses Taschenbuches ab.

*PD Dr. Wiedemann (Leipzig)*