M. Foltan, A. Philipp, R. Behr, C. Keyl, M. Kaiser, D. E. Birnbaum

Klinik für Herz-, Thorax- und herznahe Gefäßchirurgie der Universität Regensburg (Leiter: Prof. Dr. D. E. Birnbaum)

Optimiertes Blutgas-management während EKZ

Intraarterielles Online-Blutgas-Monitoring-System

Zusammenfassung

Das Ziel dieser Untersuchung war der Leistungsvergleich der Online-Blutgasanalysatoren Paratrend 7 und CDI 400 unter dem Aspekt der Optimierung des Blutgasmanagements während der extrakorporalen Zirkulation (EKZ).

Durch das Gegenüberstellen der beiden Meßsysteme konnte gezeigt werden, daß gegenüber dem Meßsystem CDI 400 der Vorteil des Meßsystems Paratrend 7 neben der Meßgenauigkeit und der guten Ansprechgeschwindigkeit des paO_2-Sensors vor allem in der lückenlosen Überwachung des Patienten liegt: vom Legen des arteriellen Zugangs für eine Druckmessung an mit einer Meßzeit bis zu vier Tagen.

Schlüsselwörter

Hypoxämie, Hyperoxämie, BGA, CDI, Paratrend.

Summary

Aim of this study was to compare the function of two different online blood gas analyzer systems, Paratrend 7 and CDI 400, in view of optimisation of blood gas management during extracorporeal circulation.

By comparing the two measurement systems directly we came to the conclusion that the Paratrend system is superior to the CDI 400 system in terms of measurement accuracy, uptake speed of the oxygen sensor and particularly the ability to monitor the patient's blood gas status continuously right from the placement of the arterial Paratrend catheter for a duration of up to 4 days while arterial pressure monitoring is also simultaneously possible.

Key Words

Hypoxaemia, hyperoxaemia, blood gas analysis (BGA), CDI, Paratrend.

Einleitung

Ein ausreichender Perfusionsdruck und eine adäquate Zufuhr von Sauerstoff sind die elementaren Parameter der EKZ. Im allgemeinen erfolgt die Kontrolle des Blutgasstatus während der EKZ über intermittierende Analysen aus der arteriellen und/oder der venösen Linie der Herz- Lungen-Maschine (HLM).

Eine Online-Messung in der arteriellen Linie der EKZ zeigt dem Kardiotechniker zwar die Funktionsfähigkeit des Oxygenators an, sie spiegelt auch wider, inwieweit bestimmte Vorgaben für die Partialdrücke (paO_2 und $paCO_2$) eingehalten werden. Jedoch erhält der Kardiotechniker nur eingeschränkte Informationen über den tatsächlichen Blutgasstatus im Patienten.

Aus dieser Feststellung heraus wurde die Kongruenz der intraarteriell gemessenen Blutgaswerte zu den in der arteriellen EKZ-Linie gemessenen Werten untersucht.

Patienten, Material und Methode

Bei 20 Patienten mit einer zu erwartenden Bypasszeit von mehr als 2 Stunden wurde eine simultane Online-Messung des Blutgasstatus in der arteriellen Linie der EKZ und der Arteria femoralis bzw. radialis durchgeführt [1]. Dabei erfolgte die Datendokumentation während der EKZ mit der S3 Software[1]. Die Meßwerte beider Systeme wurden im Abstand von zwanzig Sekunden aufgezeichnet.

Das CDI 400[2], der Paratrend 7[3] und als Referenzgerät der Blutgasautomat ABL 510[4] stellen den apparativen Aufbau der Studie dar. Bei den Messungen befindet sich der CDI-Sensor in der arteriellen Linie der EKZ und der Paratrend-7-Sensor in der Arteria radialis bzw. Arteria femoralis.

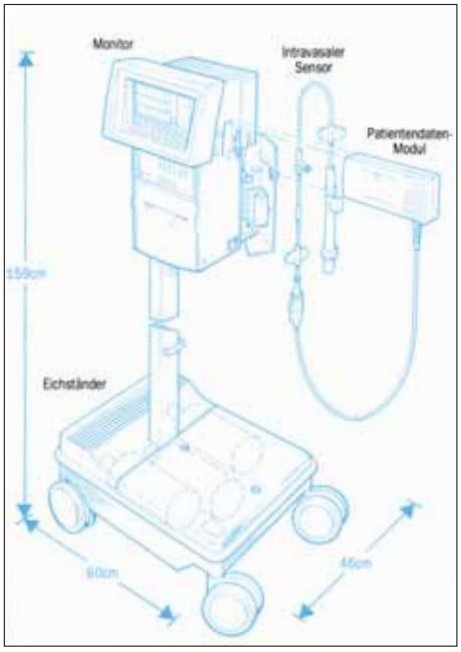

Abb. 1: Online-Meßsystem Paratrend 7

Das Meßsystem Paratrend 7 (Abb. 1) besteht aus folgenden Komponenten: dem Geräteträger mit den Kalibrationsgaszylindern in der Bodenplatte, dem Monitor mit der Meßelektronik sowie dem Patientendatenmodul, das Kalibrations- und Meßwerte zwischenspeichert, so daß nach dem Transport auf die Intensivstation ohne Datenverlust weitergemessen werden kann.

Beim CDI 400 kommt in der Durchflußzelle (Abb. 2) ein fluoreszenztechnologisches Meßverfahren zur Anwendung. Die Meßzelle besteht aus paO_2- , $paCO_2$-, pH- und Temperatursensoren und einer semi-permeablen Membran, die den Gas- und Wasserstoffionenaustausch ermöglicht und dabei eine Barriere zwischen Sensor und Blut bildet. Lichtimpulse, die von einer Lichtquelle im Monitor stammen, werden durch die optischen Filter gesandt, so daß nur Impulse spezifischer Wellenlängen λ (Infrarotlicht mit λ = 812 nm und Rotlicht mit λ = 660 nm) durch das Bündel aus optischen Fasern an die Sensoren gesendet werden. Die Sensoren enthalten Fluoreszenzchemikalien, die Licht als Reaktion auf die stimulierenden Impulse aussenden. Die Intensität dieser ausgesandten Impulse hängt von der Konzentration des Sauerstoffs, des Kohlendioxids sowie der Wasserstoffionen ab, die durch die Durchflußzelle fließen. Das von den Fluoreszenzsensoren ausgesandte Licht wird durch die optischen Fasern innerhalb des Faserbündels zum Monitor geleitet. Die Auswertung der zurückgesandten Lichtimpulse erfolgt mit

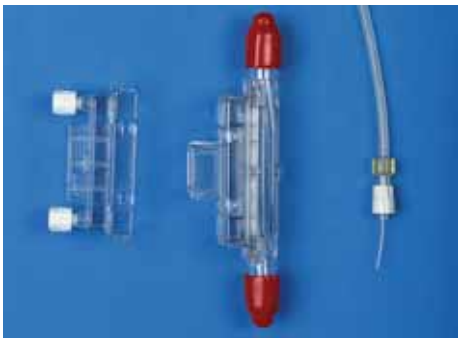

Abb. 2: CDI-Durchflußzelle und Multifunktionsmeßkatheter des Paratrend 7

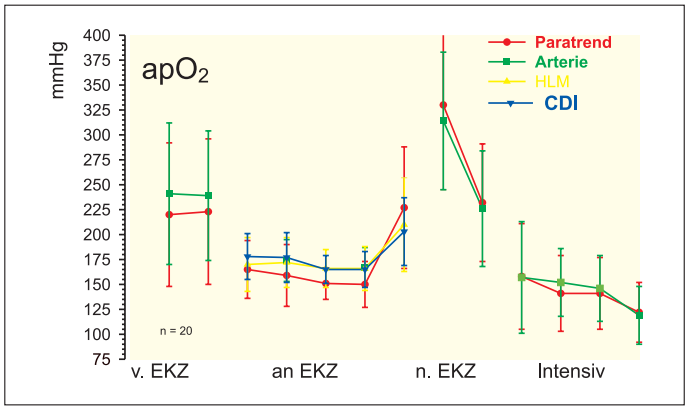

Abb. 3: Die paO_2-Meßwerte vor, während und nach der EKZ sowie den Werten auf der Intensivstation

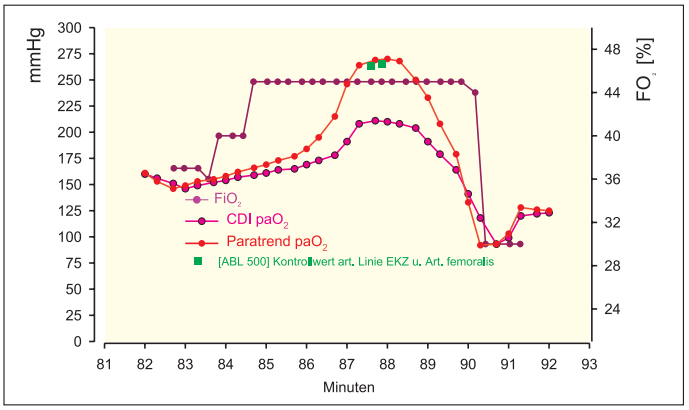

Abb. 4: Vergleich der Ansprechgeschwindigkeit der verschiedenen paO_2-Sensoren

einem Lichtdetektor, der nur fluoreszierende Impulse einer spezifischen Wellenlänge auswertet.

Der Multifunktionsmeßkatheter des Paratrend (Durchmesser < 0,5 mm) wird über eine 18-Ga-Arrow-CK-04018[5]- (A. femoralis) bzw. 20-Ga-Arrow-RA-04220-P-Kanüle (A. radialis) der arteriellen Druckmessung in das Gefäß plaziert.

Der Meßkatheter des Paratrend beinhaltet eine Clark-Elektrode zur Messung des paO_2, je einen Lumineszenzsensor zur $paCO_2$- und pH-Messung und ein Thermoelement zur Temperaturbestimmung.

Zur direkten Vergleichbarkeit beider Online-Meßsysteme wurden dreizehn Meßpunkte definiert. Der Meßzyklus begann nach dem Einführen des Paratrendkatheters in der OP-Einleitung.

Ergebnisse

Eindeutig liegen die intraarteriell gemessenen, in Rot dargestellten Werte (Abb. 3) unter den blau gekennzeichneten, die in der arteriellen Line der EKZ mit dem CDI 400 gemessen wurden.

Des weiteren ergeben sich mit dem Beginn der Reperfusion sogenannte Mischwerte im arteriellen System des Patienten, die im wesentlichen von dem Blutfluß durch die Lungen und dem Beatmungsmuster bestimmt werden.

Aus dem Vergleich der Ansprechgeschwindigkeit (Abb. 4) der verschiedenen paO_2-Sensoren auf eine Änderung des paO_2, die sich aus einer FiO_2-Erhöhung des Oxygenationsgases zum Membranoxygenator ergibt, zeigt sich eine deutliche Übereinstimmung der Meßwerte vor und nach der Sprungantwort. Der phasische Verlauf belegt, daß der Paratrend-Sensor schneller und präziser anspricht. Die grünen Punkte stellen die simultanen Kontrollwerte aus der Arteria radialis und der arteriellen Linie der EKZ dar, gemessen mit dem Referenzgerät ABL 510.

Die größten Abweichungen der Meßwerte waren bei der CO_2-Messung des CDI zu beobachten. Hier liegt eine nicht ausreichende Zuverlässigkeit des Meßsystems $paCO_2$ vor. Daraus resultierend ergibt sich eine hohe Variabilität der pH-Werte.

Mit den Detailaufnahmen simultaner Online-Messungen (Abb. 5 u. 6) läßt sich belegen, daß die verschiedenen Online-Meßsysteme zu bestimmten Perfusionszeitpunkten unterschiedliche Blutgaswerte liefern. Dabei zeigt Abb. 5, daß sich das CDI-System in der initialen Phase erst stabilisieren muß und daß die paO_2-Werte in der Reperfusion erheblich differieren. Darüber hinaus wird hier ein weiterer Vorteil des Online-Meßsystems Paratrend 7 sichtbar. Denn die Blutgas-Überwachung mit dem Paratrend 7 (siehe rote Kurve in Abb. 5 u. 6) beginnt vor dem Hochregeln der arteriellen Pumpe (siehe grüne Kurve in Abb. 5 u. 6) und ist somit nicht auf die Phase der EKZ beschränkt.

Ein interessantes Detail ist der paO_2-Abfall bei einem Patienten während des Kreislaufstillstandes [2] mit retrograder Hirnperfusion (Abb. 6). Möglicherweise haben wir mit der Entsättigung im arteriellen System eine zusätzliche Information zur Festlegung der Kreislaufstillstandszeit.

Faßt man als Resümee die Vor- und Nachteile der beiden Systeme zusammen, so liegen die Vorteile des CDI 400 in der leichten Installation, der hinreichend genauen paO_2-Messung, der ausreichenden Ansprechgeschwindigkeit des CDI-paO_2-Sensors und der $paCO_2$-Messung als Trendparameter. Nachteilig sind die Beschränkung der Blutgasüberwachung auf die laufende EKZ und die fehlenden Informationen über den intraarteriellen Blutgasstatus eines Patienten im partiellen Bypass oder eines Patienten im Kreislaufstillstand.

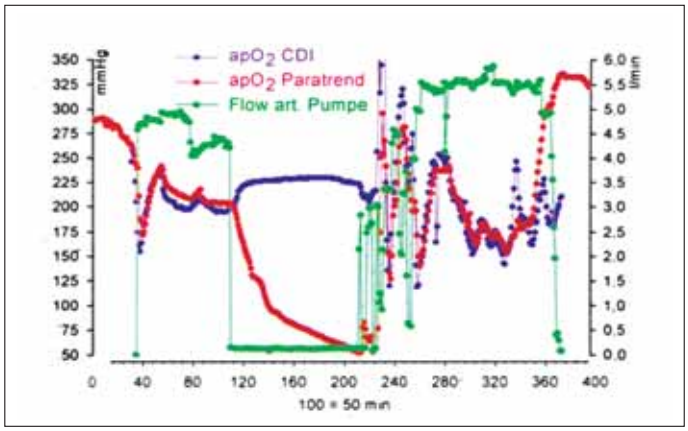

Abb. 5: Simultane Messung des paO_2 in der art. Linie u. der Arteria femoralis bei HTX

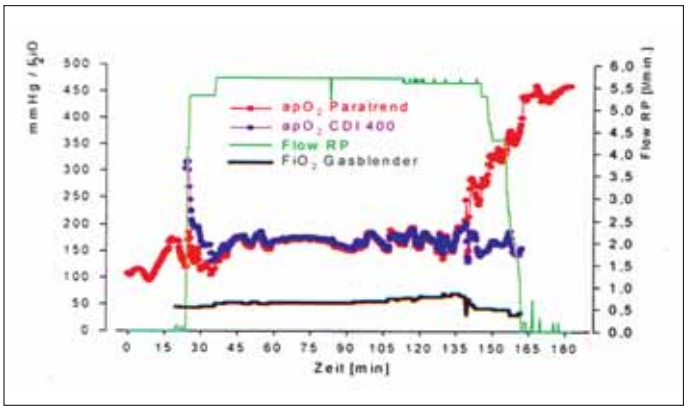

Abb. 6: Simultane Messung des paO_2 in der art. Linie u. der Arteria radialis bei Aortenbogenersatz mit Kreislaufstillstand und retrograder Cerebralperfusion

Dagegen ist beim Meßsystem Paratrend 7 neben der Meßgenauigkeit die lückenlose Überwachung des Patienten ab dem Zeitpunkt eines arteriellen Zugangs für eine Druckmessung bei einer maximalen Meßzeit von ca. 4 Tagen von entscheidendem Vorteil.
Ein eher marginaler Nachteil sind beim Paratrend 7 die lange Kalibrierzeit des Multifunktions-Sensors von 45 min. und die der Übung bedürftige Handhabung bei der Applikation des Sensors.

Diskussion und Schlussfolgerung

Eine Online-Blutgas-Messung in der arteriellen Linie der EKZ bedingt nicht kausal einen optimalen Blutgasstatus im Patienten. Differenzen bei den Partialdrücken (paO_2, $paCO_2$) treten vor allem in der initalen Bypassphase und während der Reperfusionszeit auf.
Diese Untersuchung belegt, daß weder eine Online-Blutgas-Messung in der art. Linie der EKZ und schon gar nicht isolierte intermittierende Blutgasanalysen eine Hypoxämie oder eine Hyperoxämie im Patienten unter differenten Perfusionsbedingungen erfassen. Es wäre somit ein Trugschluß, davon auszugehen, daß eine Online-Überwachung der arteriellen Linie eine optimale Einstellung des Blutgasstatus des Patienten erlaubt.
Hypoxämische Zustände können sich besonders bei arteriell femoraler Kanülierung im Bereich des Aortenbogens ergeben, wenn ein bedeutsamer Blutfluß durch die Lunge vorliegt und die Beatmungsparameter reduziert sind.
In der vorliegenden Untersuchung stellten wir fest, daß in der totalen Bypassphase, d. h. während der Ischämiezeit, die intraarteriell gemessenen Werte und die EKZ-Werte gut übereinstimmen.
Große Abweichungen gibt es vor allem in der initialen Bypassphase und der Reperfusionsphase, bedingt durch den partiellen Lungendurchfluß und die Einstellung des Beatmungsgerätes.

LITERATUR

[1] Venkatesh B, Clutton-Brock T, Stuart P: Continuous intra-arterial blood gas monitoring during cardiopulmonary resuscitation, Resuscitation ((Heftnummer??)) 1995, 135–138

[2] Palmer A, Cumpston P, Foster J: Continuous intravascular blood gas analysis during aortic aneurysm repair, Anaesth Intens Care 23 (1995): 200–202

[3] Philipp A, Schewior R, Behr R, Kaiser M, Birnbaum D: Monitoring im EKZ-System, Kardiotechnik 1 (1994): 15–21

1 Stöckert Instruments, München
2 3M Medica, Borken
3 Biomedical Sensors Ltd, Buckinghamshire, England
4 Radiometer Medical, Willich
5 Arrow, Erding

Maik Foltan
Klinikum der Universität Regensburg
Klinik für Herz-, Thorax- u. herznahe Gefäßchirurgie
Franz-Josef-Strauß-Allee 11
93042 Regensburg

Aktuell

Kinderkardiologie in Deutschland gehört zur Weltspitze

Vor Jahresfrist wurde die Meldung verbreitet, daß eine große Zahl herzkranker Kinder im Ausland operiert werden müßte, weil in Deutschland angeblich nicht genügend Kapazitäten vorhanden seien. Das Wort vom „Kinderherztourismus“ machte die Runde, manche unterstellten sogar einen „Versorgungsnotstand“. Eine genaue Analyse dieses vermeintlichen „Mißstandes“ belegte allerdings, daß 1995 tatsächlich weniger als 200 Kinder aus Deutschland im Ausland operiert wurden. Die Kinderherzchirurgie und die Kinderkardiologie in Deutschland gehören nach wie vor zur Weltspitze, Operations- und Behandlungskapazitäten sind ausreichend vorhanden, betonten Ärzte, Krankenkassen und Krankenhausgesellschaft auf einem Forum der Arbeitsgemeinschaft zur Qualitätssicherung in der Medizin (AQS).
Jedes 100. Kind kommt in Deutschland mit einem Herzfehler zur Welt, jährlich sind es etwa 7000 Kinder, die mit leichten, aber auch sehr komplexen Herzfehlern geboren werden, die noch vor einigen Jahren als inoperabel galten. Dennoch sind weitere Anstrengungen notwendig, um die Versorgungsqualität zu erhöhen.
Als ein Schritt zur Verbesserung der Information der Betroffenen und als Instrument einer verbesserten Koordination wurde anläßlich des Forums eine Informationsschrift „Kinderherzkliniken“ der Öffentlichkeit vorgestellt, die einen Überblick über das Versorgungsangebot und Leistungsspektrum der Kliniken enthält. Herausgegeben wird die Publikation von der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie und der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie, angestoßen durch eine gemeinsame Initiative der Gesellschaften und des Verbandes der Angestellten Krankenkassen (VdAK). Eltern und Ärzte können die Publikation über die Deutsche Herzstiftung in Frankfurt/M., Fax 0 69/95 51 28-223, gegen eine Schutzgebühr von 10,– DM beziehen.
Die Versorgung herzkranker Kinder zu sichern und entsprechend der Erwachsenenmedizin auszubauen, forderten übereinstimmend alle Teilnehmer des AQS-Forums. Dazu war von 1993 bis 1996 ein Pilotprojekt zur Qualitätssicherung in der pädiatrischen Kardiologie mit zehn Kliniken in Deutschland durchgeführt worden. Zielsetzung dieses Projektes, das vom Bundesministerium für Gesundheit gefördert wurde, war die Entwicklung eines routinefähigen Verfahrens für die Regelversorgung. Nach Abschluß der erfolgreichen Pilotphase war die Übernahme in die Regelversorgung zunächst in Frage gestellt, so daß das Bundesministerium für Gesundheit, die Deutsche Herzstiftung, die AQS und der Bundesverband Herzkranke Kinder gemeinsam die Zwischenfinanzierung für 1997/98 übernommen haben. Modelle zur Übernahme in die Regelversorgung, zum Beispiel zusammen mit der Qualitätssicherung in der Herzchirurgie bei Erwachsenen oder im Rahmen der Qualitätssicherung bei Fallpauschalen und Sonderentgelten, werden derzeit diskutiert, so daß die beim Forum vertretenen Organisationen eine große Chance sehen, daß bis spätestens Ende 1998 ein Weg zur Übernahme in die Regelversorgung gefunden werden kann.

Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der Qualitätssicherung in der Medizin (AQS), Köln