

**Timo Sturm**  
**Dr. med.**

**Nichtinvasive Herzzeitvolumenmessung mit  
der CO<sub>2</sub>-Rückatemmethode.  
Evaluation der Methodik bei aortokoronaren  
Bypass-Operationen sowie Einsatz bei großen  
abdominalchirurgischen Eingriffen.**

Geboren am 29.04.1978 in Speyer  
Staatsexamen am 14.06.2006 an der Universität Heidelberg

Promotionsfach:     Anästhesiologie  
Doktorvater:        Herr Prof. Dr. med. Johann Motsch

**Zusammenfassung:**

Das Herzzeitvolumen ist ein zentraler hämodynamischer Parameter, dessen regelmäßige Bestimmung in möglichst kurzen Intervallen die intraoperative Überwachung zweifelsohne verbessern kann. Im Rahmen dieser klinischen Studie wurde zunächst eine Validierung der neuen, nichtinvasiven, partiellen CO<sub>2</sub>-Rückatemmethode mit dem als Goldstandard angesehenen intermittierenden Thermodilutionsverfahren anhand 80 Vergleichsmessungen an 19 Patienten während aortokoronaren Bypass-Operationen durchgeführt. Es wurde eine, verglichen mit anderen klinisch verfügbaren Methoden, gute Übereinstimmung der HZV-Bestimmungen mit  $-0,351 \pm 0,981$  l/min für bias  $\pm$  precision nach Bland-Altman-Analyse festgestellt. Bei niedrigem HZV waren die Ergebnisse mit  $-0,287 \pm 0,618$  l/min (bias  $\pm$  precision) sogar als sehr gut einzustufen. Die Betrachtung der Receiver-Operator-Charakteristik bescheinigt der Methode eine sehr gute Sensitivität von 96,6% bei guter Spezifität von 88,2% für Episoden mit niedrigem Herzzeitvolumen. Zu erkennen war eine Abhängigkeit der Messgenauigkeit von der Herzfrequenz und dem Hämoglobinwert, welche durch weitere Untersuchungen geprüft werden sollte.

Danach wurde eine prospektive, randomisierte Studie an 28 Patienten während großer abdominalchirurgischer Eingriffe durchgeführt. Hierbei wurde mit der CO<sub>2</sub>-Rückatemmethode der Herzindex in zehn minütigen Intervallen bestimmt und den narkoseführenden Anästhesisten/innen bei einer Gruppe verheimlicht, bei einer zweiten Gruppe zur Verfügung gestellt. Insgesamt erfolgten 923 Messungen und die Dokumentation von 242 so genannten „Events“ ( $CI < 2,5$  l/min $\times$ m<sup>2</sup>). Bei der verblindeten Gruppe waren diese signifikant häufiger aufgetreten ( $p < 0,05$ ). Episoden mit sehr niedrigem Herzindex ( $CI < 2,0$  l/min $\times$ m<sup>2</sup>) waren deutlich häufiger zu verzeichnen, auch wenn das Signifikanzniveau knapp verfehlt wurde. Die ergriffenen therapeutischen Maßnahmen der Anästhesisten/innen bei Events waren bei der offenen Gruppe, mit 51,6%, verglichen mit 20,4% bei der verblindeten Gruppe signifikant häufiger ( $p < 0,0001$ ), absolut jedoch recht bescheiden. Für Episoden mit einem Herzindex  $< 2,0$  l/min $\times$ m<sup>2</sup> gilt, mit 58,6% zu 28,2%, dasselbe ( $p < 0,001$ ). Als Ursache kommen mangelnde Erfahrung im Umgang mit den Parametern HZV und Herzindex bei Assistenzärzten in der Facharztausbildung, sowie ein noch nicht vollständig vorhandenes Vertrauen in die partielle CO<sub>2</sub>-Rückatemmethode in Frage. Das relative Risiko für das Unterlassen einer Intervention bei einem Event war um 61,9% verringert. Auch ein etwa um den Faktor drei vermindertes Risiko für das Auftreten eines untherapierten Events, bei Einsatz eines um die CO<sub>2</sub>-Rückatemmethode erweiterten hämodynamischen Monitorings, wurde errechnet. Der Herzindex verlief bei der offen überwachten Gruppe auf einem signifikant höheren Niveau

( $p < 0,05$ ), so dass unter intraoperativen Bedingungen von einer optimierten Gewebeoxygenierung ausgegangen werden kann.

Hinsichtlich einer durchgeführten Untersuchung der perioperativen Therapiestrategien wurde bei der offen überwachten Gruppe ein durch Therapieintensivierung erklärbarer vermehrter Einsatz an Katecholaminen und kolloidalen Lösungen erfasst. Diese Patienten waren länger intubiert und ihr Intensivaufenthalt war verlängert. Es wurde jedoch bei keiner der Determinanten der perioperativen Therapiestrategie das Signifikanzniveau erreicht. Erklärbar sind diese Abweichungen durch die bei der offen überwachten Gruppe bekannte hämodynamische Instabilität der Patienten und die daraufhin zurückhaltender erfolgte Extubation und Verlegung auf periphere Stationen. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, dass bei einer recht kleinen Patientenzahl ( $N=28$ ) unabhängige Einflussfaktoren (Operationstechnik, Intensivkapazität, individuelle Entscheidungskriterien der behandelten Ärzte) das Ergebnis verfälschten. Zur Klärung dieses Sachverhaltes sollte eine weitere Untersuchung mit einer deutlich größeren Patientenzahl durchgeführt werden.

Abschließend bleibt festzustellen, dass die partielle  $\text{CO}_2$ -Rückatemmethode eine hervorragende Möglichkeit offeriert, das Herzzeitvolumen einfach und risikoarm zu bestimmen. In der Zukunft könnte sie fester Bestandteil des hämodynamischen Monitorings bei größeren Eingriffen oder Risikopatienten werden.