

Proactive Counterpulsation™

ZUSAMMENFASSUNG

Die Intraaortale Ballonpumpe (IABP) ist mit derzeit ca. 130.000 Implantationen pro Jahr das weltweit am häufigsten eingesetzte Verfahren zur mechanischen Kreislaufunterstützung. Die Effektivität der Unterstützung durch die IABP ist jedoch während Tachykardien und Arrhythmien limitiert – Phasen, in denen der Patient die meiste Unterstützung durch das System benötigt.

Um diesem Problem entgegenzuwirken, hat die Firma Arrow International eine neue IABP-Generation entwickelt – AutoCAT 2 WAVE® mit ProActive CounterPulsation™ –, welche mithilfe eines Fiberoptik-Katheters und mit dem WAVE-Timing-Algorithmus auch Patienten mit schweren Arrhythmien im AutoPilot™-Modus optimal unterstützen kann.

SCHLÜSSELWÖRTER

Intraaortale Ballonpumpe (IABP), Fiberoptik-Katheter, AutoPilot™, WAVE®-Timing, AutoCAT 2 WAVE®

ABSTRACT

Intra-aortic Balloon Pumping (IABP) remains with approx. 130,000 patients worldwide per year the most commonly employed method of temporary mechanical cardiovascular assistance. But the effectiveness of IABP support is limited during periods of tachycardia and arrhythmias – times when the patient requires the most support from the device. Arrow International has recently introduced the AutoCAT 2 WAVE® with ProActive CounterPulsation™, a new IABP system which has the ability by the use of a fiberoptic catheter and the WAVE timing algorithm to support even patients with severe arrhythmias in AutoPilot™ mode.

KEY WORDS

Intra-aortic Balloon Pump (IABP), fiberoptic catheter, AutoPilot™, WAVE®-Timing, AutoCAT 2 WAVE®

ENTWICKLUNG DER IABP-TECHNOLOGIE

Die Intraaortale Ballongegenpulsationspumpe (IABP) bleibt nach wie vor die am häufigsten angewandte Methode der temporären mechanischen Unterstützung des linken Ventrikels. Während weltweit mehr als 130.000 Patienten jährlich gepumpt

werden, ist die Effektivität der Unterstützung durch die IABP während Phasen von Tachykardien und Arrhythmien limitiert – Zeiten, in denen der Patient die meiste Unterstützung durch das System benötigt. Berichte von praktizierenden Ärzten spiegeln aktuelle klinische Studien wider, die dokumentieren, dass die Patienten, die am ehesten eine IABP erhalten, gerade diejenigen sind, welche die häufigeren und schlimmeren Phasen von Arrhythmien aufweisen. Bisherige Systeme konnten das Timing der IABP bei Rhythmusveränderungen [1] nicht exakt steuern, da das Timing auf historischen Informationen der Herzrate (HR) basiert. Verfügbare Studien zeigen außerdem, dass prädiktive Methoden der Zeitsteuerung zu ungenau sind, um eine effektive Gegenpulsation zu gewährleisten, und verlangen deshalb neue Methoden, um die Timing-Performance unter diesen Bedingungen zu verbessern [2].

Aus diesem Grund hat die Firma Arrow International, mit Hauptsitz in Reading, PA/USA, ProActive CounterPulsation entwickelt, ein innovatives IABP-System, welches zwei neue und einzigartige Technologien beinhaltet:

- den WAVE-Timing-Algorithmus und
- die Möglichkeit, das arterielle Drucksignal (Arterial Pressure Signal – AP) über eine Glasfaser (Fiber Optic Source – FOS) zu übermitteln.

Das neue IABP-System, die AutoCAT 2 WAVE, verfügt über diese neue Technologie und kombiniert sie für ein einfacheres Handling mit einem Automatismus, der AutoPilot genannt wird. Die AutoPilot-Funktion der IABP kontrolliert die meisten herkömmlichen IABP-Funktionen (u. a. Timing und Triggerung), um eine optimale und konsistente Gegenpulsation für praktisch jede Patientenkondition zu gewährleisten (Abb. 1).

Die Timing-Einstellung der IABP umfasst zwei Bereiche: den Zeitpunkt, an dem die Inflation stattfinden sollte, und den Zeitpunkt, an dem die Deflation beendet sein sollte. Da die Deflation technisch gesehen das Ende des Inflationszyklus bedeutet, wurde der Zeitpunkt entweder aus vorangegangenen Schlägen prädiktiv errechnet oder die R-Welle benutzt. Bei beiden Möglichkeiten gibt es einen Punkt, an dem der Zyklus beendet sein sollte.

Für die Inflationszeitsteuerung wird der Aortenklappenschluss (Dicrotic Notch) als Marker für den Beginn der Diastole verwendet. [3] Diese Methode funktioniert gut bei stabilen, regelmäßigen Rhythmen. Während einer Arrhythmie wird der Dicrotic Notch (DN) infolge von Veränderungen in der Länge der Diastole und im Schlagvolumen unzuverlässig, da sein Erscheinen von Zyklus zu Zyklus variieren kann. Der Ballon sollte jedoch zum Zeitpunkt, an dem der DN auftritt, inflatieren, um ein Verschieben des aortalen Volumens zu optimieren, welches für die erhöhte Koronarperfusion unerlässlich ist.

Die Ballonpumpe muss für ein exaktes Inflations-Timing auf die physiologischen Veränderungen schnell reagieren, doch bisher gab es leider kein vorhersagendes Zeichen, das den Aortenklappenschluss ankündigt.



Abb. 1: IABP-System AutoCAT-2-Serie

WAVE-TIMING

Aus diesem Grund entwickelte Arrow International den WAVE-Timing-Algorithmus, der die arterielle Druckkurve als Goldstandard verwendet. WAVE ist ein Akronym für Windkessel Aortic Valve Equation, welche die Inflationszeitsteuerung automatisch genau dann veranlasst, wenn der Aortenklappenschluss (Aortic Valve Closure – AVC) stattfindet. Dieser einzigartige und patentierte Algorithmus

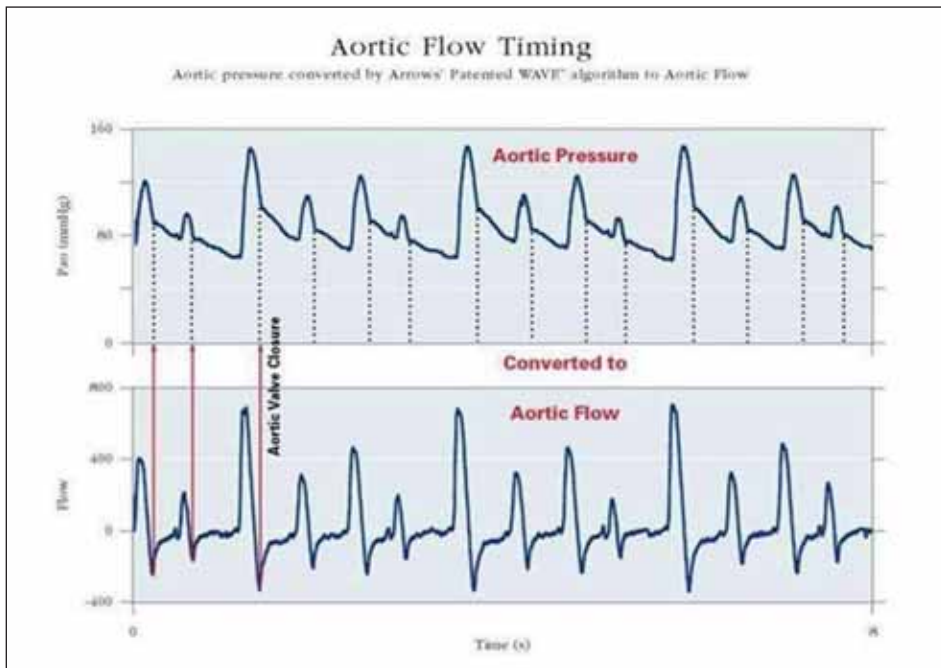


Abb. 2: WAVE-Timing-Algorithmus konvertiert AP zu aortalem Fluss, intra-beat. Der niedrigste Punkt der Flusskurve korrespondiert mit dem Aortenklappenschluss.

ist das Ergebnis jahrelanger klinischer Studien. [4] Der WAVE-Algorithmus konvertiert die arterielle Druckkurve des Patienten (Arterial Pressure Waveform – AP) in einen aortalen Fluss, um diesen in einem Herzzyklus nachvollziehen zu können (Abb. 2). Der Aortenklappenschluss tritt am tiefsten Punkt der Flusskurve ein – nach dem Maximalfluss. Das Timing wird innerhalb eines jeden Schlages (intra-beat) festgesetzt. Dies ergibt ein sehr exaktes Inflations-Timing, welches speziell diesem Schlag für diesen Patienten in diesem Moment entspricht. Bei der Methode, das Timing intra-beat zu setzen, spielt es keine Rolle, ob der Patientenrhythmus normal oder unregelmäßig, langsam oder schnell ist. Diese Echtzeit-Inflation „real-time inflation“ wurde untersucht von Dr. Jan Schreuder und seinen Kollegen am San Raffaele Hospital in Mailand, Italien, mit dem Ergebnis einer 98%igen Genauigkeit der Inflationszeitsteuerung während Perioden schwerer Arrhythmien. [4]

Um das Deflations-Timing während einer Arrhythmie zu bestimmen, ermittelt das IABP-System automatisch den irregulären QRS-Komplex und veranlasst eine konservative Deflation, während das System die Leistungsfähigkeit des Ballons im Verhältnis zum Herzzyklus des Patienten bewertet. Das System betrachtet automatisch die R-Welle und den Beginn des arteriellen Druckanstiegs (die Pre-Ejektions-Periode – PEP) und wie schnell der IAB inflatiert und deflatiert. Wenn die Deflation schnell ist, wie z. B. bei gerade gehaltenem Patien-

tenbein, und nichts den Gasfluss zurück zur IABP-Konsole stört, dann wählt das System automatisch die R-Wellen-Deflation. [5] Bei einem Widerstand, z. B. bei einem geknickten Katheter, der verhindert, dass das Gas schnell zur Konsole zurückgelangen kann, kehrt das System wieder zu einer konservativen Deflations-Methode zurück, um das Risiko der späten Deflation zu minimieren. Die Kombination von WAVE-Inflations-Timing mit automatischer R-Welle n-Deflationszeitsteuerung ergibt ein Echtzeit-Timing „beat to beat“, welches mit den Änderungen im Herzzyklus des Patienten übereinstimmt. Das Ergebnis ist eine Verbesserung des hämodynamischen Effekts der IABP während Perioden von Arrhythmien (Abb. 3).

Der WAVE-Algorithmus benötigt zur Umwandlung des arteriellen Drucks in

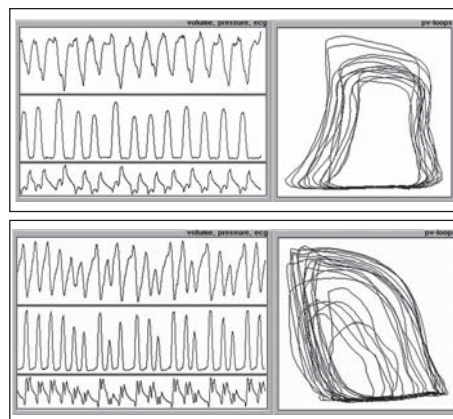


Abb. 3 A und B: Druck-Volumen-Kurven-Studien des aktuellen IABP-Timings bei Patienten mit Arrhythmien und niedriger EF während eines herzchirurgischen Eingriffs

einen aortalen Fluss eine einwandfreie High-Fidelity-AP-Signalquelle; eine Quelle, die nicht beeinträchtigt wird von einer Dämpfung des Signals, Störsignalen oder anderen Geräten wie z. B. Elektrokautern. Um diese Anforderungen zu erfüllen, wurde eine zweite Technologie zum IABP-System AutoCAT 2 WAVE hinzugefügt – die Fähigkeit, ein fiberoptisches arterielles Drucksignal zu erkennen. Beim FiberOptix™-IAB-Katheter (Abb. 4) wurde die Fiberoptik-Sensortechnologie in die Spitze des IAB-Katheters integriert. Nach einer einmaligen Kalibration der Fiberoptik vor der Insertion benötigt der Katheter keine weitere Aufmerksamkeit wie z. B. wiederholtes Nullen oder Spülen des Systems. Außerdem ist das System unempfindlich gegenüber elektrischen Interferenzen, der Bewegung des Patienten oder dem Patiententransport, allesamt Einflüsse, die die Qualität des arteriellen Drucksignals im Normalfall stören können.

AUTOPILOT

Neben der neuen Timing- und AP-Darstellungsmöglichkeit bietet die AutoCAT-2-Serie die zweite Generation eines AutoPilot-Kontrollsystems. AutoPilot wurde im Jahr 2000 als erste Generation des AutoCAT-IABP-Systems eingeführt, um eine optimale und konsistente Patientenunterstützung zu gewährleisten, und ist so konzipiert, dass die meisten herkömmlichen Funktionen des IABP-Systems automatisch kontrolliert werden.

AutoPilot-Funktionen:

- automatische Wahl der Signalquelle (EKG oder arterieller Druck)
- automatische Wahl des Triggermodus anhand von EKG- oder AP-Signalverfügbarkeit
- automatische Wahl des Triggermodus anhand von Patientenbedingungen wie Herzrate und Rhythmus
- automatische Wahl des Timings anhand von verfügbaren Signalen
- automatische Zeitsteuerung nach den Patientenbedürfnissen

Diese Funktionen verringern den Aufwand an Eingriffen des Anwenders, um die Gegepulsation zu beginnen und zu überwachen. Möchte der Anwender das System dennoch selbst einstellen, genügt ein Knopfdruck, um die volle Kontrolle aller IABP-Funktionen im Operator-Modus zu erhalten.

Das IABP-System AutoCAT 2 WAVE und der FiberOptix-Katheter wurden in



Abb. 4: FiberOptix-IAB-Katheter von Arrow International

den USA 2003 eingeführt. Bis heute wurden Tausende von Kathetern und Pumpen in über 40 Ländern weltweit mit beeindruckenden Ergebnissen eingesetzt. Der Auto-pilotmodus der AutoCAT 2 WAVE in Kombination mit der Faseroptik-Technologie des FiberOptix-IAB-Katheters repräsentiert den neuesten Stand in der IABP-Technologie.

LITERATUR

- [1] Pantolos GM, Gillars KJ, Dowling RD et al: Intra-aortic balloon pump (IABP) timing errors in adult patients. *ASAIO J* 2003; 49: 155
- [2] Hoeksel SAAP, Jansen JRC, Blom JA, Schreuder JJ: Detection of dicrotic notch in arterial pressure signals. *J Clin Monit* 1997; 13(5): 309–316
- [3] Schreuder JJ, Maisano F, Donelli A et al: Beat to beat effect of intra-aortic balloon pump timing on left ventricular performance in patients with low ejection fraction. *Ann Thorac Surg* 2005; 79: 872–890
- [4] Schreuder JJ, Castiglioni A, Donelli A et al: Automatic intraaortic balloon pump timing using an intrabeat dicrotic notch prediction algorithm. *Ann Thorac Surg* 2005; 79: 1017–1022
- [5] Donelli A et al: Performance of a real-time DN detection and prediction algorithm in arrhythmic human AP signals. *J Clin Monit Comput* 2002; 17(3-4): 181–185

Diana Murer
 Düsseldorfer Str. 145
 51063 Köln
 E-Mail: Diana.Murer@gmx.de
 info@arrowintl.com