



# Fragen und Antworten

PiCCO Technologie



**i** PiCCO steht für Pulse Contour Cardiac Output. Das „i“ in PiCCO wurde hinzugefügt, damit man das Wort gut aussprechen kann.

## Patientenzielgruppen, empfohlene Anwendungsbereiche und Anwendungseinschränkungen:

### Empfohlene Patientenzielgruppen und Anwendungsbereiche:

PiCCO ist für alle kritisch kranken Patienten geeignet, die ein erweitertes hämodynamisches Monitoring benötigen. Dazu können Intensivpatienten aus verschiedenen Abteilungen (z. B. Anästhesie, Chirurgie, Innere Medizin, Neurologie, Pädiatrie, Verbrennungszentren) gehören, aber auch Patienten, bei denen größere chirurgische Eingriffe geplant sind. Generell wird PiCCO bei instabilen hämodynamischen Situationen, unklarem Volumenstatus und bei therapeutischen Konflikten empfohlen.

### Dies tritt häufig auf bei:

- Septischem Schock
- ARDS (Akutes Atemnotsyndrom)
- Kardiogenem Schock
- Schwerbrandverletzten
- Polytrauma
- Hypovolämischem Schock
- Subarachnoidalblutung
- Pankreatitis
- Hochrisiko Chirurgie
- Pädiatrischer Intensivmedizin

### Anwendungseinschränkungen:

Bei Patienten mit Femoralarterien-Bypass oder schweren Verbrennungen in der Leistenregion ist in der Regel keine Platzierung eines PiCCO Katheters in der Arteria femoralis möglich.

**Hinweis:** Die Arteria axillaris oder die Arteria brachialis können ebenfalls zur Punktion verwendet werden. Alternativ kann ein langer Radialarterienkatheter für den kurzfristigen Gebrauch platziert werden.

PiCCO liefert unter Umständen ungenauere Thermodilutionsmessungen bei Patienten mit bestimmten Erkrankungen, z. B. bei intrakardialen Shunts, Aortenaneurysma, Aortenstenose, Mitral- oder Trikuspidalklappeninsuffizienz, Pneumektomie, ausgedehnter Lungenembolie und extrakorporaler Zirkulation. Weitere Informationen finden Sie im Abschnitt „Medizinische und physiologische Fragen“.

## Wie lange sollte ein arterieller PiCCO Katheter maximal im Körper belassen werden?

Gemäß den CE-Richtlinien beträgt die maximale Verweildauer des PiCCO Katheters 28 Tage. Aus hygienischer Sicht ist dies jedoch nicht zu empfehlen. Basierend auf einer Veröffentlichung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention des deutschen Robert-Koch-Instituts (Bundesgesundheitsblatt 2017) geben wir die folgenden Empfehlungen:

- Austauschintervall für PiCCO Katheter: alle 10 Tage (Ausnahme: langer Radialarterienkatheter PV2014L50: max. 3 Tage)
- Austauschintervall für PiCCO Monitoring-Kits: alle 4 Tage

Das Austauschintervall kann kürzer sein, wenn Komplikationen erkannt werden, die mit der Anwendung dieser Einwegartikel verbunden sind, wie z. B. Blutungen, Hämatome, Infektionszeichen, Durchblutungsstörungen, Fehllage von Kathetern oder wenn vor Ort gültige Normen und Richtlinien oder Standardarbeitsanweisungen diese Empfehlung außer Kraft setzen.

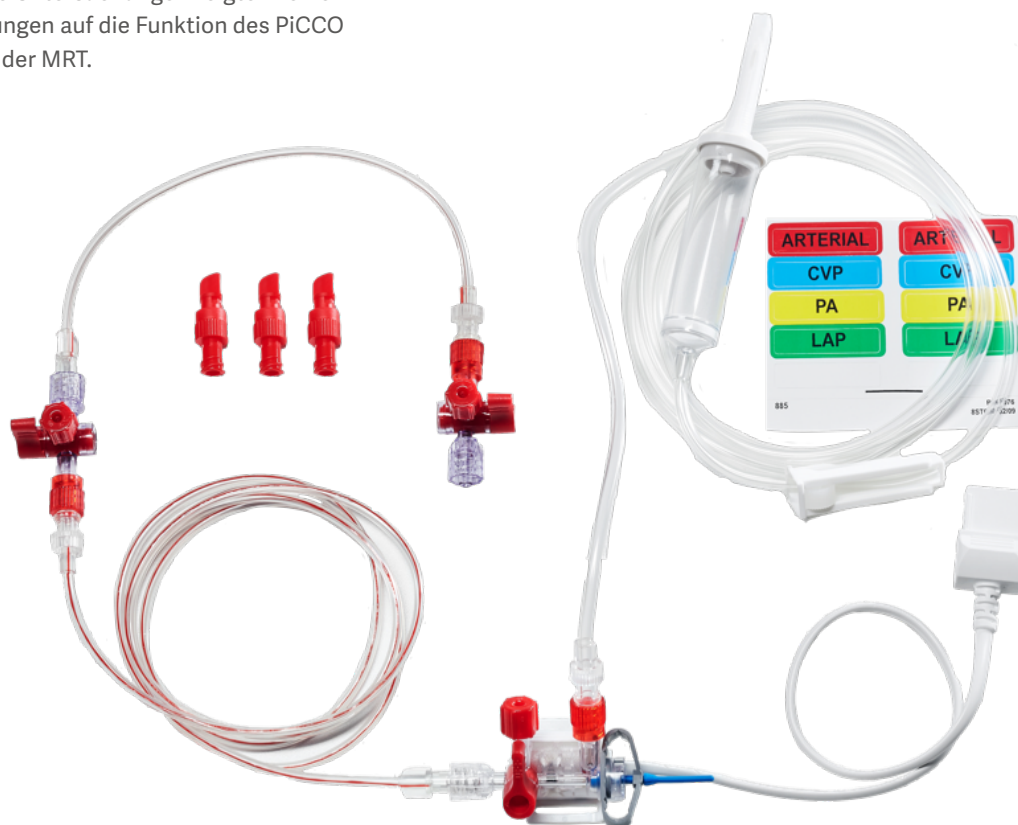
## Kann der PiCCO Katheter während der MRT an Ort und Stelle bleiben?

Die Wirkung der MRT auf den PiCCO Katheter wurde in Modellversuchen untersucht und auch in Abstracts veröffentlicht (Kampen et al., Intensivmed Notfallmed 2002, Kampen et al. Anaesthesia 2004, Greco et al. AnnFAR 2011). Diese Untersuchungen zeigten keine negativen Auswirkungen auf die Funktion des PiCCO Katheters während der MRT.

Allerdings gibt es derzeit keine systematischen Tests für alle verfügbaren MRT-Systeme unter den verschiedenen Messbedingungen. Daher können wir die Kompatibilität des PiCCO Katheters mit MRT Systemen im Allgemeinen nicht bestätigen und empfehlen die Entfernung vor der MRT. Die Entscheidung, den PiCCO Katheter während der MRT im Patienten zu belassen, liegt in der Verantwortung des behandelnden Arztes.

## Warum wird die Verwendung von PiCCO Monitoring-Kits empfohlen?

Die PiCCO Technologie wurde mit den originalen, unveränderten PiCCO Einweg-Druckaufnehmersystemen (Monitoring-Kits) validiert. Deren getesteter Frequenzgang passt zu den in den PiCCO Plattformen verwendeten Algorithmen und gewährleistet eine maximale Zuverlässigkeit. Der wichtigste Faktor für die Zuverlässigkeit der Messung ist die Druckleitung, die mit dem Einweg-Druckaufnehmer verwendet wird. Diese Druckleitung ist unelastisch und hat eine definierte Länge und einen definierten Innendurchmesser. Die Verwendung alternativer Druckaufnehmer, Schlauchverbindungen oder die Modifikation von Verbindungsschläuchen (z. B. mit einem nadellosen Blutentnahmeport) kann die Genauigkeit des Pulscontur-Herzeitvolumens (und davon abhängige Parameter) beeinträchtigen.



# Methodische Fragen

## **Welche externen Faktoren können dazu führen, dass die PiCCO Parameter ungenau werden?**

Die PiCCO Technologie basiert auf der transpulmonalen Thermodilution und der arteriellen Pulsconturanalyse. Daher wird eine korrekt durchgeführte Thermodilutionsmessung sowie eine definierte Qualität der arteriellen Druckkurve benötigt. Zur Fehlerbehebung lesen Sie bitte das „Handbuch zur Fehlerbehebung“.





# Medizinische und physiologische Fragen

## Können bestimmte Therapien die PiCCO Messung beeinflussen?

### Hypothermie:

Solange die Temperatur des Patienten stabil ist, gibt es keinen Einfluss auf die Thermodilutionsmessungen. Der Einsatz von gekühltem Injektat wird empfohlen. Schwankungen der Bluttemperatur-Grundlinie werden durch das Gerät selbst kompensiert. Eine Thermodilutionsmessung wird nicht empfohlen, wenn keine stabile Grundlinie erkannt werden kann, was durch die Bildschirmanzeige „Warten“ (Temperaturänderung > 0,05 °C/min) angezeigt wird.

### Vasokonstriktoren/Inotropika/Volumenbolus:

Alle Parameter werden korrekt bestimmt. Bei signifikanten Änderungen des Katecholaminbedarfs oder der Volumengabe wird eine Neukalibrierung der Pulsconturanalyse durch eine Thermodilution empfohlen. Die sich ändernden Werte des zentralvenösen Drucks (ZVD) sollten regelmäßig aktualisiert werden.

## Können bestimmte Erkrankungen des Herzens und der Lunge die PiCCO Messungen beeinflussen?

### Herz

#### Herzrhythmusstörungen:

Die Thermodilutionsparameter werden weiterhin korrekt bestimmt. Die Pulsconturanalyse ist bei leichten bis mittleren Arrhythmien (Vorhofflattern/Vorhofflimmern bei normalem Puls, Bigeminus, Trigemini oder gelegentliche Extrasystolen) korrekt. Bei schweren Herzrhythmusstörungen (Tachyarrhythmie, supraventrikuläre Tachykardie) kann die Pulsconturanalyse ungenaue Werte liefern oder unkalibrierbar werden. Sie können die Qualität der Druckkurve einschätzen, indem Sie auf die weißen Linien (PulsioFlex vertikal/PiCCO<sub>2</sub> horizontal) unterhalb der arteriellen Druckkurve achten. Überprüfen Sie, ob der Algorithmus den systolischen Anteil erkennt. Thermodilutionsmessungen in kürzeren Abständen zur Re-Kalibrierung werden empfohlen.


#### Rechts-Links-Shunts:

Aufgrund der ausgeprägten Veränderung der Thermodilutionskurve können keine validen Werte berechnet werden. Bei weniger ausgeprägten Shunts sind Messungen unter Umständen möglich. Das Auftreten eines vorzeitigen "Höckers" in der Thermodilutionskurve kann Hinweis auf einen bisher nicht bekannten Rechts-Links-Shunts sein.

### Lunge

#### Lungenteilresektion:

Verfahren zur Lungenresektion (Lobektomie, Bilobektomie, Pneumektomie) reduzieren theoretisch das pulmonale Blutvolumen (PBV) und können dazu führen, dass das extravaskuläre Lungenwasser (EVLW) unterschätzt wird. Um diese theoretische Annahme zu evaluieren, wäre eine Doppelindikator-Verdünnungsmethode erforderlich, um das PBV vor und nach der Lungenresektion zu bestimmen. Die veröffentlichten klinischen Daten zu diesem Thema sind sehr begrenzt. Klinische Studien mit diesem Ansatz zeigen Folgendes:

 Weitere Informationen finden Sie hier: PiCCO Technologie. Klinische Evidence.

- Die Menge des resezierten Lungengewebes und das pulmonale Blutvolumen korrelieren nicht miteinander.
- Eindeutige Korrekturfaktoren für die PBV-Berechnung konnten bisher nicht ermittelt werden.
- Die initiale Auswirkung auf das PBV wird in der Regel spätestens zwei Tage nach der Operation physiologisch kompensiert.

Es wird daher nicht empfohlen, die Messwerte für PBV und EVLW mit festen Umrechnungsfaktoren zu korrigieren. Eine klinische Evidence liegt nicht vor und evtl. Korrekturen können zu unerwarteten und unvorhersehbaren Fehlern bei der Berechnung des EVLW bei Patienten nach einer Lungenteilresektion führen.

## Pulmonale Durchblutungsstörungen

### (z. B. Lungenembolie):

Bei einer Lungenembolie ist die pulmonale Gefäßversorgung teilweise blockiert und der Thermodilutionsbolus durchläuft nicht das gesamte Lungengefäßsystem. Je nachdem, wie viel Lungengewebe nicht ausreichend durchblutet wird, kann das extravaskuläre Lungenwasser (EVLW) unterschätzt werden. Dennoch werden in diesem Fall das Herzzeitvolumen und das globale enddiastolische Volumen (GEDV) korrekt gemessen.

## Pleuraerguss:

Pleuraflüssigkeit hat keinen Einfluss auf die Messung von extravaskulärem Lungenwasser. Die Kapillaroberfläche des Lungenparenchyms, die mit der Pleuraflüssigkeit in Kontakt steht, ist im Vergleich zum Lungenkapillarnetz sehr klein. Eine geeignete Analogie ist das Verhältnis der Größe eines Tennisplatzes zur Fläche von zwei Händen. Somit ist der Temperaturverlust an die Pleuraflüssigkeit vernachlässigbar.

## Gibt es spezielle Empfehlungen für PiCCO bei Operationen am offenen Herzen?


### Mit Herz-Lungen-Maschine (extrakorporale Zirkulation):

Die erste Thermodilution / PiCCO Kalibrierung sollte vor dem Öffnen des Brustkorbs durchgeführt werden. Bei der Pulskontur-Kalibrierung mittels Thermodilution sollte der Patient hämodynamisch stabil sein und die Körpertemperatur sollte nicht wesentlich schwanken. Eine weitere Thermodilutionsmessung kann unmittelbar vor dem kardiopulmonalen Bypass durchgeführt werden. Während der extrakorporalen Zirkulation kann PiCCO aufgrund des Fehlens einer arteriellen Druckkurve keine validen Ergebnisse liefern. Auch Thermodilutionsmessungen sind während der extrakorporalen Zirkulation nicht sinnvoll. Sobald das Herz wieder zu schlagen beginnt und der Patient von der Herz-Lungen-Maschine entwöhnt wird, zeigt PiCCO das aus der Pulskonturanalyse abgeleitete Herzzeitvolumen an. Eine Neukalibrierung der Pulskontur mittels Thermodilution sollte jetzt so schnell wie möglich durchgeführt werden. Dabei wird auch der Volumenstatus (GEDI) des Patienten aktualisiert, der unmittelbar nach dem Bypass und dem Schließen des Brustkorbs von Interesse ist.

### Ohne Herz-Lungen-Maschine:

Die Erstkalibrierung per Thermodilution sollte in einer hämodynamisch stabilen Phase vor oder nach Einleitung der Anästhesie erfolgen. Während des gesamten Eingriffs kann das kontinuierliche Herzzeitvolumen Schlag für Schlag verfolgt werden. Eine Rekalibrierung per Thermodilution während des Eingriffs ist nur möglich, wenn sich der Patient in einem ausreichend stabilen Zustand befindet. Während des Eingriffs gibt der linksventrikuläre Kontraktilitätsindex (dPmx) zusätzliche Informationen über die Kontraktilität und kann als Frühwarnsignal für ischämische Ereignisse dienen. Die Schlagvolumen-Variation (SVV) und die Pulsdruck-Variation (PPV) dienen als Indikatoren für die Volumenreaktion, selbst bei geöffnetem Brustkorb. Zur sicheren Interpretation der SVV/PPV müsste jedoch mit einem Tidalvolumen > 8 ml/kg beatmet werden und es muss ein Sinusrhythmus vorliegen.

## Was ist beim Einsatz von PiCCO in der Pädiatrie zu beachten?

Der klinische Nutzen und die Relevanz sowie die Validität von PiCCO in der pädiatrischen Intensivmedizin wurden in mehreren Studien bestätigt.  Weitere Informationen finden Sie hier: PiCCO Technologie. Klinische Nachweise.

Das minimale Körpergewicht der Patienten in diesen Studien betrug 3 kg. Die Normwerte für Erwachsene sind aber nur auf Patienten übertragbar die mindestens 5 Jahre alt sind. Darüber hinaus ist die Pulskonturanalyse bei Kindern bisher noch nicht ausreichend validiert. Allgemeine Empfehlungen für den Einsatz von PiCCO bei pädiatrischen Patienten sind:

- PiCCO kann bei einer Vielzahl von Indikationen eingesetzt werden (akutes Atemversagen, Schock, Schädelhirntrauma, septischer Schock, Herzchirurgie, schwere Verbrennungen, Lebertransplantation).
- Der PiCCO Katheter (3F 7 cm) sollte in die Arteria femoralis eingeführt werden.
- PiCCO wird bei Patienten ab einem Körpergewicht von 10 kg empfohlen.

- Die Durchblutung der Extremität, in der sich der PiCCO Katheter befindet, muss strengstens überwacht werden, um eine Ischämie zu vermeiden.
- Das Injektionsvolumen für die Thermodilutionsmessung sollte auf das Körpergewicht abgestimmt sein (mindestens 2 ml).
- Da die Pulskonturanalyse noch nicht ausreichend validiert ist, sollten bei Kindern nur die Messparameter der Thermodilution interpretiert werden.
- Bei Kindern unter 5 Jahren ist der normale Wertebereich anders als bei Erwachsenen (GEDI tendenziell niedriger, ELWI tendenziell höher). Dieser Effekt ist bei Neugeborenen (< 1 Jahr) signifikant. Bei Kleinkindern sollten GEDI und ELWI vorwiegend als Trendinformationen verwendet werden.
- Das Vorhandensein eines Links-Rechts-Shunts stört die Thermodilutionsmessung und führt unter Umständen dazu, dass keine Messung möglich ist. Andererseits ermöglicht die Thermodilutionskurve eine einfache Erkennung von Shunts.

## **Beeinflusst der Atemzyklus die Messung des Herzzeitvolumens bei transpulmonaler Thermodilution (PiCCO)?**

Nein, der Atemzyklus hat keinen Einfluss auf die PiCCO Messung des Herzzeitvolumens mittels transpulmonaler Thermodilution, da die Thermodilutionskurve etwa 20 Sekunden dauert und somit etwa 3 Atemzyklen umfasst. Die PiCCO Werte stellen somit einen Durchschnitt aus mehreren Atemzyklen dar und haben einen wesentlich geringeren Variationskoeffizienten als das Herzzeitvolumen, das mittels transthorakaler Thermodilution (PAK) gemessen wird.

## **Ist das via PiCCO bestimmte Herzzeitvolumen genauer als eine Messung über einen Rechtsherzkatheter?**

In Bezug auf die Genauigkeit sind beide Methoden gleichwertig. Die PiCCO Methode weist jedoch einen wesentlich geringeren Variationskoeffizienten auf. Anders ausgedrückt ist die PiCCO Methode wesentlich weniger vom Benutzer abhängig und liefert stabilere Messungen. PiCCO weist eine ausgezeichnete Korrelation zum Goldstandard (Fick'sches Prinzip) auf. Das mit der PiCCO Pulskonturanalyse bestimmte Herzzeitvolumen zeigt eine hohe Korrelation und einen geringen Bias zum per transpulmonaler Thermodilution gemessenem Herzzeitvolumen auf.


## **Das durch Pulskonturanalyse ermittelte Herzzeitvolumen weicht vom Herzzeitvolumen der transpulmonaler Thermodilution ab. Was sind mögliche Gründe dafür?**

Die Anzeige des per Thermodilution gemessenen Herzzeitvolumens ändert sich nur, wenn eine neue Reihe von Thermodilutionsmessungen durchgeführt wird. Das via Pulskonturanalyse ermittelte Herzzeitvolumen wird dagegen – basierend auf dem systolischen Teil der arteriellen Druckkurve – Schlag für Schlag ermittelt. Bei hämodynamisch instabilen Patienten können Unterschiede zwischen dem per Pulskontur ermittelten und dem via Thermodilution gemessenen Herzzeitvolumen auftreten. In solchen Fällen wird eine häufige Rekalibrierung (mittels Thermodilution) empfohlen. Weitere Ursachen sind Fehler bei der Erkennung der arteriellen Kurvenform und daraus folgend Fehler bei der Kurvenformanalyse sowie extreme Arrhythmien oder häufige Extrasystolen.

## **Das kardiale Vorlastvolumen entspricht nicht dem globalen enddiastolischen Volumenindex (GEDI). Kann GEDI die kardiale Vorlast darstellen?**

Streng definiert, ist die kardiale Vorlast die Faserdehnung des Myokards am Ende der ventrikulären Diastole. Ein Parameter, der diese Vorlast in der klinischen Praxis genau widerspiegelt,

ist noch nicht verfügbar. Studien haben jedoch gezeigt, dass GEDI (oder ITBI) ein reproduzierbarer, sensitiver Parameter ist, der die Darstellung der Vorlast ermöglicht.

 Weitere Informationen finden Sie hier: PiCCO Technologie. Klinische Nachweise.

Im Gegensatz dazu wurde immer wieder gezeigt, dass der zentralvenöse Druck, der pulmonal arterielle Verschlussdruck sowie der rechtsventrikuläre enddiastolische Volumenindex mit der kardialen Vorlast nicht gut korrelieren.

## **Warum ist der GEDI größer als physiologisch erwartet?**

Der GEDI ist ein theoretisches Volumen, ein Indikator für das gesamte enddiastolische Volumen aller vier Herzkammern: rechter Vorhof, rechte Herzkammer, linker Vorhof und linke Herzkammer. Außerdem muss ein kleines Volumen hinzugefügt werden; dazu gehören Volumina aus der Aorta und eine kleine Menge kurz vor dem rechten Vorhof. Darüber hinaus ist der GEDI kein Wert, der das Volumen des Herzens während eines einzelnen Herzzyklus anzeigt: Er ist eine Summe mehrerer Herzzyklen.

## **Warum sind Schlagvolumen-Variation (SVV) und Pulsdruck-Variation (PPV) nur dann von klinischer Bedeutung, wenn der Patient mechanisch beatmet wird?**

Die Interpretation von SVV und PPV erfordert folgende Bedingungen:

- Vollständig kontrollierte Überdruckbeatmung mit einem Tidalvolumen  $\geq 8$  ml/kg (keine Spontanatmung oder unterstützte Atmung) und
- Suffizienter Sinusrhythmus ohne Artefakte


Unter diesen Bedingungen gibt die relative Differenz zwischen maximalem und minimalem Schlagvolumen oder Pulsdruck über einen Zeitraum von 30 Sekunden an, wie stark ein Patient auf das Volumen reagiert. Ein SVV oder PPV über 13 % deutet darauf hin, dass ein Patient auf das verabreichte Volumen reagieren wird, während ein SVV oder PPV unter 10 % normalerweise einen ausreichenden Volumenstatus darstellt. Werte zwischen 10 und 13 % bedürfen einer weiteren Interpretation, da sie vom Krankheitsbild des einzelnen Patienten abhängen können. Bei der Verwendung geringerer Tidalvolumina ( $< 8$  ml/kg) haben sich SVV und PPV als weniger genau erwiesen und ihre Interpretation wird nicht empfohlen. Bei offenem Brustkorb sind SVV und PPV von der Herzfüllung abhängig, Daher sollte unter Umständen der GEDI als kardialer Vorlastparameter für das Volumenmanagement genutzt werden.

## Worin besteht der Unterschied zwischen CFI und GEF?

Zur Berechnung des kardialen Funktionsindex (CFI) wird das Herzzeitvolumen durch das globale enddiastolische Volumen geteilt. Zur Berechnung der globalen Auswurfraction (GEF) wird das Schlagvolumen mal vier genommen und durch das globale enddiastolische Volumen geteilt. Da der Herzindex durch Multiplikation des Schlagvolumens mit der Herzfrequenz berechnet wird, besteht der Unterschied zwischen den beiden Parametern darin, dass der CFI die Herzfrequenz in die Berechnung einbezieht. Daher könnte die Interpretation der GEF für die kardiale Kontraktilität von Vorteil sein, da ein geringes Schlagvolumen (aufgrund geringer Kontraktilität) durch eine hohe Herzfrequenz kompensiert werden kann.

## Wie wird das Lungenwasser mithilfe der PiCCO Thermodilution bestimmt und wie genau ist das Ergebnis?

Sakka et al. (Intensive Care Med 2000) untersuchten die Möglichkeit, extravaskuläres Lungenwasser (EVLW) mittels Thermodilution zu messen. Bei 57 Intensivpatienten wurde die Doppelindikator-Verdünnungsmethode (Thermodilution mit kaltem Indocyaningrün, ICG) eingesetzt, um das intrathorakale Blutvolumen (ITBV) und das extravaskuläre Lungenwasser (EVLW) zu messen. Die Ergebnisse zeigten, dass bei der Berechnung des ITBV aus dem von der Thermodilution abgeleiteten globalen enddiastolischen Volumen (GEDV) ein Umrechnungsfaktor von 1,25 erforderlich ist. Dieser Umrechnungsfaktor wurde anschließend bei weiteren 209 Intensivpatienten zur Berechnung von ITBV und EVLW herangezogen. Beim Vergleich der berechneten Werte mit den gleichzeitig tatsächlich bestimmten Werten (durch die Doppelindikator-Verdünnungsmethode mit ICG) konnte eine sehr enge Korrelation bestätigt werden. Die transpulmonale Thermodilution mittels PiCCO zur EVLW-Bestimmung wurde später in mehreren experimentellen und klinischen Studien validiert und die hohe Genauigkeit wurde bestätigt.

 Weitere Informationen finden Sie hier. PiCCO Technologie. Klinische Nachweise.

## Wie wird die Messung des extravaskulären Lungenwasserindex (ELWI) durch Adipositas beeinflusst?

Der extravaskuläre Lungenwasserindex (ELWI) in ml/kg errechnet sich aus dem absoluten Volumen des extravaskulären Lungenwassers in Millilitern dividiert durch das Körpergewicht in Kilogramm. Dies führt bei adipösen Patienten zu einer Unterschätzung bzw. bei untergewichtigen Patienten zu einer Überschätzung des ELWI, wenn das tatsächliche Körpergewicht zur Indexierung herangezogen wird. Da sich die Lungengröße mit dem Körpergewicht nicht

ändert, erfolgt die korrekte Berechnung des ELWI mittels idealisiertem Körpergewicht (PBW – Predicted Body Weight). Das PBW wird aus der Größe des Patienten berechnet und berücksichtigt weitere Faktoren wie Alter und Geschlecht. PiCCO Geräte verwenden seit 2007 das PBW für die Berechnung des ELWI und erzielen damit auch bei schwer adipösen Patienten präzise Ergebnisse. Bei den Integrationen der PiCCO Technologie in Patientenmonitore (Philips, Draeger, Mindray, GE und Nihon Kohden) liefern nur die aktuellsten Softwareversionen eine ELWI Berechnung mit Bezug auf das PBW. Für ältere Softwareversionen wird empfohlen, ein geschätztes ideales Körpergewicht einzugeben, das nach der vereinfachten Formel berechnet wird: geschätztes ideales Körpergewicht = Größe (cm)/100 minus 10 % bei Männern und minus 15 % bei Frauen.

## Was ist der Effekt bei Injektion des PiCCO Indikatorbolus in die V. femoralis statt in die Vena cava superior?

Wenn sowohl der zentralvenöse Katheter als auch der arterielle PiCCO Katheter auf der gleichen Seite platziert werden (z. B. in der rechten Leistenbeuge), kann eine Doppelhöckerkurve mit daraus resultierenden Messfehlern auftreten. Grund ist ein gestörtes „lokal überspringendes“ Temperatursignals zwischen dem venösen und dem arteriellen Blutkreislauf (Cross Talk Phänomen). Anders ausgedrückt, kann die Kälte auf den arteriellen Thermistor übertragen werden, ohne das kardiopulmonale System zu durchlaufen, d. h. direkt von Vene zur Arterie. Dies ist häufig bei pädiatrischen Patienten der Fall.

Selbst bei der Verwendung von langen femoralen Venenkathetern gibt es unter Umständen einen geringen Effekt durch das Cross Talk Phänomen, der durch die Temperaturänderung des Katheters im Gefäß verursacht wird. Das Cross Talk Phänomen kann vermieden werden, indem der arterielle PiCCO Katheter entweder in der gegenüberliegenden Arteria femoralis oder in der Arteria brachialis bzw. der Arteria axillaris platziert wird.

Wenn das Cross Talk Phänomen vermieden wird, ist eine Thermodilutionsmessung möglich – der ermittelte Wert für das GEDI wird aber etwas höher sein als das tatsächliche Volumen. Verursacht wird dies durch das zusätzliche Volumen zwischen dem Injektionspunkt und dem Detektionspunkt (z. B. das Volumen der V. cava inferior), wenn der venöse Katheter zur Indikatorinjektion nicht direkt vor dem rechten Vorhof platziert wird. Der Wert des ELWI ist korrekt, da er sich aus der Differenz von zwei überschätzten Volumina berechnet. In der Software des PulsioFlex und des PiCCO<sub>2</sub> (ab Softwareversion V3.1) gibt es die Möglichkeit die venöse und die arterielle Katheterlage auszuwählen. Diese Anpassung gewährleistet eine korrekte Berechnung des GEDI.



## **Kann ich eine Thermodilutionsmessung über einen peripher gelegten Zentralvenenkatheter anstelle eines zentral liegenden Venenkatheters durchführen?**

Um eine adäquate Thermodilutionskurve für die genaue Parameterberechnung zu erhalten, muss der Bolus in weniger als 7 Sekunden injiziert werden und so kühl bleiben, dass der PiCCO Katheter einen Temperaturunterschied zwischen dem Blut des Patienten und dem Bolus erkennen kann. Bei peripher gelegten Kathetern besteht die Möglichkeit, dass diese Bedingungen nicht erfüllt werden können, und daher wird dieser Ansatz im Allgemeinen nicht empfohlen.

## **Welche Injektionsmengen werden für die PiCCO Thermodilutionsmessung empfohlen?**

Das Injektatvolumen ist abhängig vom Körpergewicht des Patienten. Ist das extravaskuläre Lungenwasser des Patienten erhöht (d. h. der ELWI ist höher als 10 ml/kg Körpergewicht), sollte das zu injizierende Volumen erhöht werden. In der klinischen Praxis wird bei Erwachsenen meist ein Standardvolumen von 15 ml kalter Kochsalzlösung verwendet. Dieser Standard funktioniert bei den meisten Patienten und vermeidet Verwirrungen und Fehler. Bei Patienten mit sehr niedrigem oder sehr hohem Körpergewicht sollte das Injektatvolumen angepasst werden. In den PiCCO Plattformen wird häufig eine Empfehlung für die Menge des Injektatvolumens angezeigt.

## **Wie viele Thermodilutionsmessungen werden bei einem neuen Patienten empfohlen?**

Es wird empfohlen, drei aufeinanderfolgende Messungen innerhalb eines Zeitraums von 5 Minuten durchzuführen, die jeweils eine Abweichung von weniger als 15 % ( $\pm$ ) gegenüber dem Mittelwert haben sollten. Wenn der ELWI des Patienten erhöht ist, ist die erste Messung möglicherweise nicht genau, und es kann mehr oder kältere Injektionslösung erforderlich sein (z. B. wenn Sie zunächst eine Injektionslösung bei Raumtemperatur verwenden oder der ELWI > 10 ml/kg beträgt).

## **Welche Injektionslösungen können mit der PiCCO Technologie verwendet werden?**

Es wird empfohlen eine Kochsalzlösung zu verwenden. Die Verwendung von Glukoselösung kann dazu führen, dass der kleine Kolben im Inneren des Injektat-Temperatursensors am Gehäuse festklebt und seine Bewegung während der Injektion nicht möglich ist.

## **Kann PiCCO eine abnormale Thermodilutionskurve erkennen?**

Ja, die PiCCO Technologie überwacht und analysiert die Form der Thermodilutionskurve auf Plausibilität. Wird eine abnormale Kurve erkannt, erscheint auf dem Bildschirm in der Statuszeile ein Fehlercode oder eine Fehlermeldung. Zusätzlich wird die Thermodilutionskurve auf dem Bildschirm angezeigt und kann vom Benutzer überprüft werden.

## **Wie oft oder unter welchen Umständen wird eine neue Thermodilutionsmessreihe empfohlen, um die Pulsconturanalyse zu rekalisieren und den Patientenstatus über die PiCCO Messwerte korrekt zu reflektieren?**

Im Allgemeinen sollte PiCCO alle 8 Stunden mittels Thermodilution kalibriert werden. Der individuelle Bedarf an Rekalibrierungen wird aber je nach Patient sehr unterschiedlich sein. Wenn sich Ihr Patient beispielsweise in einem Schockzustand befindet, möchten Sie möglicherweise stündlich den GEDI und den ELWI bestimmen und das Pulscontur-Herzeitvolumen bestätigen/neu kalibrieren. Sobald der Patient stabilisiert ist, können Sie die Häufigkeit der Messungen auf z. B. alle 2 Stunden verringern und später, wenn der Patient stabil bleibt, auf alle 4–6 Stunden ausweiten. Eine weitere Strategie wäre, Thermodilutionsmessungen durchzuführen, wenn das kontinuierliche Herzeitvolumen sich seit 15 Minuten konstant in die gleiche Richtung entwickelt bzw. wenn es große und/oder plötzliche Veränderungen im klinischen Zustand des Patienten gibt, die eine Änderung der verabreichten Vasopressoren, Inotropika oder des Volumenbedarfs erfordern.

## Wie berechnet PiCCO die Körperoberfläche (BSA – Body Surface Area) um die indizierten Werte zu erhalten?

Seit der PiCCOplus Software V7.1 werden verschiedene BSA Berechnungsformeln verwendet, die in PiCCO<sub>2</sub> und PulsioFlex sowie in den neuesten Softwareversionen der Monitore von Philips, Draeger, Mindray, GE und Nihon Kohden enthalten sind.

### Körperoberfläche (BSA – Body Surface Area) in m<sup>2</sup>

Patienten mit KG < 15kg

$BSA = (\text{Gewicht}^{0,5378} \times \text{Körpergröße}^{0,725}) \times 0,024265$   
(Haycock et al., J Pediatrics 1978)

Patienten mit KG ≥ 15 kg

$BSA = (\text{Gewicht}^{0,425} \times \text{Körpergröße}^{0,725}) \times 0,007184$   
(Du Bois & Du Bois, Arch Int Med 1916)

## Idealisiertes Körpergewicht (PBW – Predicted Body Weight)

Berechnung	Kategorie	Geschlecht
$PBW \text{ (kg)} = 50 + 0,91 (\text{Körpergröße (cm)} - 152,4)$	Erwachsene	Männlich
$PBW \text{ (kg)} = 45,5 + 0,91 (\text{Körpergröße (cm)} - 152,4)$	Erwachsene	Weiblich
$PBW \text{ (kg)} = 39 + 0,91 (\text{Körpergröße (cm)} - 152,4)$	Pädiatrisch > 152,4 cm	Männlich
$PBW \text{ (kg)} = 42,2 + 0,91 (\text{Körpergröße (cm)} - 152,4)$	Pädiatrisch > 152,4 cm	Weiblich
$PBW \text{ (kg)} = ((\text{Körpergröße (cm)})^2 / 1,65 / 1000)$	Pädiatrisch < 152,4 cm	Beides

## Normalisierte Körperoberfläche (PBSA – Predicted Body Surface Area) in m<sup>2</sup>

Berechnet mit normalisiertem Körpergewicht anstelle des tatsächlichen Körpergewichts

## Wie wird die mittlere Durchgangszeit (MTt – Mean Transit Time) ermittelt und was repräsentiert sie?

Die Konzentration des Indikators wird (aufgrund des Volumens im System) im Lauf der Zeit verteilt, d. h., es gibt eine bestimmte Dauer, die jedes Teilchen des Indikators benötigt, um sich vom Injektionspunkt zum Detektionspunkt zu bewegen. Diese Zeitspanne wird als Durchgangszeit bezeichnet. Jedes Teilchen hat seine eigene Durchgangszeit. Die MTt ist der Mittelwert aller Durchgangszeiten. Multipliziert man die MTt mit dem Herzzeitvolumen, erhält man das gesamte thermische Volumen (ITTV – intrathorakales Thermovolumen), das der Indikator durchlaufen muss.

## Wie wird die exponentielle Abfallzeit (DSt – Down Slope Time) ermittelt?

Die Abfallzeit wird durch Darstellung der Thermodilutionskurve und der Temperaturänderung (Indikatorkonzentration) auf einer logarithmischen Skala (ln) und der Zeitänderung auf einer linearen Skala (lin) ermittelt. Bei der Darstellung der Thermodilutionskurve als linear-ln Graph nähert sich der Indikator-Abfall einer linearen Funktion. Zwei Punkte werden identifiziert: ein Startpunkt, der sich bei 85 % des maximalen Temperaturverlaufs befindet, und ein Endpunkt, der als 45 % des maximalen Temperaturverlaufs definiert ist. Die Zeitdifferenz zwischen diesen beiden Punkten wird bestimmt und als Abfallzeit (DSt) bezeichnet. Multipliziert man die DSt mit dem Herzzeitvolumen, erhält man das pulmonale Thermovolumen (PTV), das größte Einzelvolumen in der Reihe der „Mischkammern“ des kardiopulmonalen Systems. Das PTV setzt sich aus pulmonalem Blutvolumen (PBV) und extravaskulärem Lungenwasser (EVLW) zusammen.

# Technische Fragen

## Wie können elektrische Störungen (Interferenzen) ausgeschlossen werden?

Im Allgemeinen sind PiCCO Geräte vor Störungen durch Geräte für elektrochirurgische Eingriffe und Koagulation geschützt. Störungen können auftreten, wenn PiCCO Geräte das arterielle Drucksignal über den AUX-Ausgang an einen Patientenmonitor weiterleiten, d. h., wenn eine direkte Kabelverbindung zwischen dem PiCCO Gerät und dem bettseitigen Monitor hergestellt wird. In Fällen, in denen Störungen auftreten, können die folgenden Maßnahmen ergriffen werden:

1. Stellen Sie beim PiCCO<sub>2</sub> sicher, dass das grün/gelbe Potentialausgleichskabel (Erdungskabel) mit einer Potentialausgleich-Steckdose verbunden ist.
2. Schließen Sie die PiCCO Plattform und den Patientenmonitor an verschiedene Stromkreise an.
3. Wenn diese Optionen für den Elektroanschluss das Problem nicht lösen, sollte die Verbindung zwischen dem PiCCO Gerät und dem Patientenmonitor getrennt werden. In diesem Fall könnte das arterielle Drucksignal unabhängig vom PiCCO Gerät mit einem zweiten Druckaufnehmer gemessen werden, der das Signal direkt an den Patientenmonitor überträgt.



## Wie können die PiCCO Messergebnisse zu Dokumentationszwecken ausgedruckt oder die Daten heruntergeladen werden?

### Ausdrucken:

In Abhängigkeit vom verwendeten PiCCO Gerät stehen verschiedene Druckoptionen zur Verfügung.

Beim PiCCO<sub>2</sub> kann durch Drücken der Drucker-Taste auf der Vorderseite des Geräts ein Ausdruck erstellt werden. Die Gestaltung des Ausdrucks hängt vom Bildschirminhalt ab, der zum Zeitpunkt angezeigt wird, zu dem die Drucker-Taste gedrückt wird.

- Spider- oder Profildrucker: alle Messwerte und die Druckkurve(n)
- Trenddrucker: alle Messwerte, die Druckkurve(n) und der grafische Trend
- Bildschirm „TD Messung“: alle Messwerte, die Druckkurve(n) und die letzten sechs Thermodilutions-Messkurven inkl. der Ergebnistabelle

Bevor ein Ausdruck erstellt werden kann, muss ein Standarddrucker (kompatibel mit Treiber für HP LaserJet 1200 Series) an einen der USB-Anschlüsse auf der PiCCO<sub>2</sub> Gerätehinterrückseite angeschlossen werden, um einen direkten Ausdruck zu ermöglichen. Alternativ kann ein Download des Ausdrucks (PDF-Datei plus Screenshot im JPG-Format) auf ein USB-Speichermedium heruntergeladen werden, der später an einem beliebigen Computer mit angeschlossenem Drucker ausgedruckt werden kann. Beim Anschluss eines USB-Geräts erscheint eine Meldung auf dem Bildschirm, die weitere Informationen zum Gerätestatus enthält. Der Druckvorgang wird erst gestartet, wenn das USB-Gerät erkannt wurde. Das USB-Gerät erst wieder entfernen, wenn das Gerät den Abschluss des Druckvorgangs bestätigt hat. Wenn der PiCCO<sub>2</sub> mit einem lokalen Netzwerk (LAN) verbunden und korrekt konfiguriert ist, kann der Ausdruck auch an einen Drucker im Netzwerk gesendet werden.

Beim **PulsioFlex** wird die Druckfunktion über die „Ausdruck“-Taste im Hauptmenü der Software aktiviert. Auf dem Bildschirm kann das Druckziel (Lokal, USB Stick oder Netzwerk) ausgewählt werden. Der Zeitraum der zu druckenden Daten kann angepasst werden. Für einen lokalen Druckvorgang (direkter Ausdruck), muss ein Standarddrucker (kompatibel mit HP Universaldruckertreiber PCL5) an einen der USB-Anschlüsse auf der rechten Geräteseite angeschlossen werden. Alternativ kann ein USB-Speichermedium zum Herunterladen des Ausdrucks (PDF-Datei) und zum späteren Drucken auf einem beliebigen Computer mit angeschlossenem Drucker verwendet werden.

Beim Anschluss eines USB-Geräts erscheint eine Meldung auf dem Bildschirm, die weitere Informationen zum Gerätestatus enthält. Der Druckvorgang wird erst gestartet, wenn das USB-Gerät erkannt wurde. Das USB-Gerät erst wieder entfernen, wenn das Gerät den Abschluss des Druckvorgangs bestätigt hat. Wenn der PulsioFlex Monitor mit einem lokalen Netzwerk (LAN) verbunden und korrekt konfiguriert ist, kann der Ausdruck auch an einen Drucker im Netzwerk gesendet werden.

#### **Daten-Download**

Im **PiCCO<sub>2</sub>** (ab Softwareversion 3.1 in Europa und 9.1 in den USA) ist eine Datenerfassungsfunktion integriert. Kontinuierliche Daten werden alle 12 Sekunden aufgezeichnet. Die Thermodilutionsdaten werden bei jeder Thermodilutionsmessung aufgezeichnet. Zusätzlich können bestimmte Ereignisse (z. B. Intubation, Volumen- oder Medikamentengabe) benannt und mit dem entsprechenden Zeitstempel aufgelistet werden. Die Daten werden im CSV-Format (Comma-Separated-Values) gespeichert und können zur weiteren Analyse auf ein USB-Speichermedium (USB-Stick) heruntergeladen werden. Zur Aktivierung der Datenerfassungsfunktion wenden Sie sich bitte an Ihren zuständigen Vertriebsmitarbeiter oder Produktexperten.

Der **PulsioFlex** bietet im Hauptmenü eine Option zur Datenerfassung. Kontinuierliche Daten werden alle 12 Sekunden aufgezeichnet. Die Thermodilutionsdaten werden bei jeder Thermodilutionsmessung aufgezeichnet. Zusätzlich können bestimmte Ereignisse (z. B. Intubation, Volumen- oder Medikamentengabe) benannt und mit dem entsprechenden Zeitstempel aufgelistet werden. Die Daten werden im CSV-Format (Comma-Separated-Values) gespeichert und können zur weiteren Analyse auf ein USB-Speichermedium (USB-Stick) heruntergeladen werden. Ab der Softwareversion V5 des PulsioFlex ist auch eine Erfassung der Rohdaten (Druck- und Temperatursignale) möglich. Zur Aktivierung der Rohdaten-Erfassungsfunktion wenden Sie sich bitte an Ihren zuständigen Vertriebsmitarbeiter oder Produktexperten.

#### **Kann ich die PiCCO Plattform mit einem Patientendatenmanagementsystem (PDMS) verbinden?**

Alle PULSION Geräte für das erweiterte hämodynamische Monitoring senden kontinuierlich alle Daten an die serielle RS232-Schnittstelle (PiCCO<sub>2</sub> direkt, PulsioFlex über einen definierten USB-zu-RS232-Adapter). PulsioFlex ab SW 5.1 können alternativ Daten via HL7 Schnittstelle übertragen. Die Daten liegen in einem proprietären und dokumentierten Format vor. Mit diesen Informationen können Daten problemlos in jedes beliebige PDMS integriert werden. Die notwendigen Treiber stehen bereits für eine breite Palette von PDMS und Patientenmonitoren zur Verfügung. Für weitere Informationen wenden Sie sich bitte an Ihren zuständigen Vertriebsmitarbeiter oder Produktexperten.





Unsere Dokumente enthalten so genannte Hyperlinks zu Websites von Drittanbietern. Wenn diese Hyperlinks aktiviert sind, werden Sie direkt auf die jeweilige Website weitergeleitet. Wir haben keinen Einfluss auf den Inhalt und die Richtigkeit der dort angezeigten Informationen und übernehmen daher keine Haftung. Zum Zeitpunkt der Verlinkung waren diesbezüglich keine Rechtsverstöße ersichtlich. Für die Inhalte der verlinkten Seiten ist stets der jeweilige Anbieter oder Betreiber der Website verantwortlich. Wir übernehmen keine Verantwortung für die Verarbeitung Ihrer personenbezogenen Daten auf den Websites Dritter. Bitte informieren Sie sich direkt auf der jeweiligen Website über die Verarbeitung Ihrer personenbezogenen Daten durch Dritte. Die Inhalte unserer Dokumente sowie die verlinkten Inhalte sind urheberrechtlich geschützt.

Indikationen, Kontraindikationen, Warnungen und Gebrauchshinweise sind in einer separaten Gebrauchsanweisung aufgeführt. Änderungen des Dokuments vorbehalten. Die genannten Referenzwerte oder sonstige produktbezogene Informationen dienen lediglich der allgemeinen Information, können nach dem aktuellen Stand der Wissenschaft geändert und aktualisiert werden und ersetzen nicht die individuelle Therapieentscheidung des behandelnden Arztes. Möglicherweise steht die behördliche Zulassung zur Vermarktung der Produkte in Ihrem Land noch aus. Alle hier gezeigten Grafiken wurden von Pulsion Medical Systems SE erstellt, sofern nicht anders angegeben.

**Pulsion Medical Systems SE** · Hans-Riedl-Str. 17 · 85622 Feldkirchen · Germany · Phone: +49 89 45 99 14-0 · zentrale.pulsion@getinge.com

*Ihren lokalen Getinge-Vertriebspartner finden Sie unter der folgenden Adresse:*

**Getinge Deutschland GmbH** · Kehler Str. 31 · 76437 Rastatt · Germany · +49 7222 932-0 · info.vertrieb@getinge.com

**Getinge Österreich GmbH** · Lemböckgasse 49 · 1230 Wien · Austria · +43 1 8651487-0 · info-at@getinge.com

**Getinge Schweiz AG** · Wilerstrasse 75 · 9200 Gossau · Switzerland · +41 71 335 03 03 · info@getinge.ch

[www.getinge.com](http://www.getinge.com)