

## Redaktion

H. Arntz, *Berlin*  
U. Kreimeier, *München*  
U. Tebbe, *Detmold*  
C. Waydhas, *Essen*

# Monitoring in der Notfallmedizin

## Zusammenfassung

In der modernen Notfallmedizin werden hohe Ansprüche an die technische Überwachung der Patienten gestellt. Diese soll die Sicherheit des Patienten erhöhen, die Diagnostik spezifischer medizinischer Probleme erleichtern sowie die Beatmung oder die Gabe potenter Medikamente überwachen. Die verwendeten Medizingeräte müssen an die besonderen Erfordernisse in der Prälinik angepasst sein. Hier sind eine lange Unabhängigkeit von der Stromversorgung, anwenderfreundliche Bedieneroberfläche, kompakte Bauweise und geringes Gewicht zu fordern.

Zu den Minimalstandards des Monitoring gehören die nicht invasive Blutdruckmessung, Pulsoximetrie und Elektrokardiographie. Situations- und patientenabhängig können die Messung des endexpiratorischen Kohlendioxidpartialdrucks und der Körpertemperatur hinzukommen. Zur Lagekontrolle des Endotrachealtubus bietet sich die Kapnometrie an, ergänzt durch klinische Untersuchungen, bei Patienten im Herz-Kreislauf-Stillstand auch das Esophageal Detector Device. Eine Ergänzung kann die Sonographie darstellen, mit Hilfe der Telemetrie können Parameter und Befunde an die Zielklinik übermittelt werden. Bei allen zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten bleibt jedoch die Ausbildung und Erfahrung des medizinischen Personals die wichtigste Komponente.

## Schlüsselwörter

Blutdruckmessung · Elektrokardiographie · Kapnometrie · Monitoring · Pulsoximetrie · Telemedizin

Im Rahmen der präklinischen Diagnostik und Therapie vital bedrohter und intensivtherapiepflichtiger Patienten ist der Einsatz von Medizingeräten zur Kontrolle lebenswichtiger Parameter und zur Überwachung von Therapiemaßnahmen zu einer Selbstverständlichkeit geworden. Kritisch kranke oder verletzte Patienten allein mit Hilfe klinischer Parameter sowie einer EKG-Ableitung zu stabilisieren oder zu transportieren, können sich nur noch wenige Notfallmediziner vorstellen. Im Verlauf der letzten 30 Jahre entwickelte die Medizintechnik Monitore zur Diagnostik und Überwachung, die ursprünglich der klinischen Behandlung vorbehalten waren, zu mehr

---

© Springer-Verlag 2003

Dr. A. Thierbach  
Klinik für Anästhesiologie, Johannes-Gutenberg-Universität, Langenbeckstraße 1, 55131 Mainz  
E-Mail: thierbac@mail.uni-mainz.de

Dem erhöhten Risiko beim Transport von Notfallpatienten müssen sowohl medizinisches Personal als auch Medizingeräte Rechnung tragen

### ► **Hauptaufgaben des Monitoring**

### ► **Pathophysiologische Zeichen**

Der erfahrene Notarzt ist zur Wertung und Integration verschiedener Informationen fähig

Das Medizinproduktegesetz gewährleistet Sicherheit, Eignung und Leistung der Medizinprodukte sowie den Schutz von Anwendern, Patienten und Dritten

A. Thierbach · M. Maybauer · T. Piepho  
B. Wolcke

## **Monitoring in emergency medicine**

### **Abstract**

Monitoring of emergency patients in the pre-hospital setting requires high standards for the technical equipment to ensure the patient's safety as well as to diagnose specific medical problems and to administer therapeutic measures such as artificial ventilation and potent drugs. Monitors have to be adapted to the specific necessities of the pre-hospital setting. They should be compact and light weighted, should have an independent power supply and a user friendly software interface.

Minimal monitoring standards include non-invasive blood-pressure monitoring, pulse oxymetry, and electrocardiography. Depending on the individual patient, end tidal carbon dioxide concentration or body temperature should be registered. The position of the endotracheal tube should be assessed by capnometry, oesophageal detector devices are especially recommendable for patients in cardiac arrest. The use of ultrasonography and the development of telemedicine may serve to extended diagnostic and therapeutic options in the pre-hospital setting. Despite of all sophisticated technical equipment, the well trained and experienced medical professional remains the most important component of pre-hospital monitoring.

### **Keywords**

Blood pressure monitoring · Capnometry · Electrocardiography · Monitoring · Pulse oximetry · Telemedicine

oder weniger tragbaren und handlichen Einheiten für den präklinischen Einsatz.

Die Inzidenz von Zwischenfällen im Verlauf von Transporten intensivpflichtiger Patienten ist gegenüber der Therapie auf einer Intensivstation deutlich erhöht [1, 2]. Rückoldt stellt dazu fest, dass der Patiententransport eine gefährliche Phase der Intensivtherapie ist [3]. Bei der präklinischen Versorgung und dem Transport von Notfallpatienten ist aufgrund der mangelnden Planbarkeit der Ereignisse, der schlechten äußeren Bedingungen sowie der unmittelbaren Therapiepflichtigkeit mit einem im Vergleich zu Intensivtransporten noch höherem Risiko für die Patienten zu rechnen. Diesen besonderen Einsatzbedingungen müssen sowohl medizinisches Personal als auch Medizingeräte Rechnung tragen.

Zu den ► **Hauptaufgaben des Monitoring** in der Notfallmedizin gehören

- das frühzeitige Erkennen von Gefahren,
- die Diagnostik patientenspezifischer Probleme,
- die Steuerung von Medikamenten und Beatmungsparametern.

Moderne Überwachungsverfahren dienen insgesamt einer Verbesserung der Patientensicherheit, da mit der Einführung von Techniken wie der Pulsoximetrie in die Notfallmedizin auch die Versorgungsqualität ansteigt [4].

## **Der Mensch als „Monitor“**

Bei allen zur Verfügung stehenden technischen Hilfsmitteln stellt die Ausbildung und Erfahrung des Personals immer noch die wichtigste Komponente dar. Nur der Mensch kann eine intuitive und qualitative Wertung einzelner Parameter in seine Entscheidungen einfließen lassen. Die Bedeutung bestimmter ► **pathophysiologischer Zeichen** sowie der klinische Eindruck des Patienten lassen sich apparativ meistens nicht erfassen. Beispiele hierfür sind die periorale Blässe, das Nasenflügeln pädiatrischer Patienten oder die so genannte Kältschweißigkeit bei Schockzuständen.

Die meisten Monitore sind zur Überwachung einzelner Variablen ausgelegt. Im Vergleich zum Menschen bestehen bei ihnen keine oder lediglich sehr begrenzte Möglichkeiten der Integration verschiedener Informa-

tionen und Parameter. Die klinische Evaluation des Patienten durch einen erfahrenen Notarzt stellt deswegen einen wesentlichen Teil erfolgreicher präklinischer Diagnostik und Therapie dar.

## **Medizinproduktegesetz**

Das Medizinproduktegesetz (MPG) trat am 2. August 1994 in Kraft und löste damit die Medizingeräteverordnung (MedGV) ab. Am 29. Juni 1998 wurde das MPG durch die Medizinproduktebetriebsverordnung (MPBetreibV) erweitert.

Im Gegensatz zur MedGV, die vornehmlich die technische Sicherheit medizinischer Geräte regelte, beschreibt das MPG umfassend den Umgang mit Medizinprodukten. Wichtigstes Ziel des Gesetzes war es, Kriterien wie Sicherheit, Eignung und Leistung der Medizinprodukte sowie den Schutz von Anwendern, Patienten und Dritten zu gewährleisten (§ 1 MPG). Es beinhaltet Regeln zur Herstellung, des Inverkehr-

### ► CE-Zertifizierung

### ► Einweisung in den Gerätegebrauch

Die Anwendung eines Medizinproduktes ohne sachgerechte Einweisung kann mit hohen Geldstrafen belegt werden

### ► Gerätebeauftragter

### ► Anwendungsverbot

Empfehlungen zur Ausstattung von Notarztwagen wurden von den medizinischen Fachgesellschaften erarbeitet

### ► Defibrillator

### ► DIN EN

### ► 4 Fahrzeugkategorien ► Typ A1 „Patient Transport Ambulance“

### ► Typ A2 „Patient Transport Ambulance“

bringen, des Inbetriebnahme und der Anwendung von Medizinprodukten. Diverse Vorschriften ordnen Maßnahmen zur Instandhaltung, Prüfung und Funktionsfähigkeit von Medizinprodukten an. Reinigungsvorschriften, die Einweisung des Personals sowie die Gewährleistung der sachgerechten Handhabung durch den Anwender werden ebenfalls vorgegeben.

In einer Vielzahl von Vorschriften für die Anwendung und den Betrieb von Medizinprodukten wurden die Vorgaben der europäischen Union in nationales Recht umgesetzt. Übergangsvorschriften regelten den Verkauf von Medizinprodukten. Nach einer Abverkaufsfrist bis zum 30.06.2001 durften nur noch Medizinprodukte vertrieben werden, die über eine ►CE-Zertifizierung verfügen.

## Auswirkungen auf den Rettungsdienst

Obermayer [5] beschrieb die relevanten rechtlichen Auswirkungen des MPG und der MPBetreibV auf den Rettungsdienst. Maßgebliche Einzelvorschriften der MPBetreibV regeln die ►Einweisung in den Gebrauch medizinisch-technischer Geräte. Für diese Einweisung gilt nach § 22 Abs. 1 MPG in Verbindung mit § 23 Abs. 1 MPG, dass jeder Anwender eines Medizinproduktes die Gewährleistung für die sachgerechte Handhabung bieten muss.

Die Anwendung eines Medizinproduktes ohne Einweisung durch den Hersteller oder eine beauftragte Person stellt nach dem MPG eine Ordnungswidrigkeit dar und kann mit hohen Geldstrafen belegt werden. Im Gegensatz zu der früheren Regelung in der MedGV darf das oft praktizierte „Schneeballsystem“ der Einweisung in die Bedienung von Medizingeräten heute nicht mehr angewendet werden. Laut MPG wird jeweils ein ►Gerätebeauftragter vom Hersteller des Geräts eingewiesen, und nur dieser darf (neben dem Hersteller) weitere Anwender einweisen.

Medizinprodukte, bei denen auf Grund einer Fehlfunktion eine potenzielle Gefährdung von Patienten, Anwendern oder Dritten besteht, dürfen nicht mehr in Betrieb genommen werden. Bereits der Verdacht einer Gefährdung von Patienten oder Dritten begründet ein ►Anwendungsverbot und beinhaltet bei (dem Versuch der) Zuwiderhandlung die Voraussetzung zur Einleitung eines Strafverfahrens.

## Normen und Empfehlungen zum Monitoring auf Rettungsmitteln

In der Deutschen Industrie Norm (DIN) wurden Begriffe im Rettungswesen (DIN 13050 [6]) und Anforderungen an die medizinische Ausrüstung verschiedener Rettungsmittel festgeschrieben. Spezielle Empfehlungen zur Ausstattung von Notarztwagen, die auch in die DIN Eingang fanden, wurden bereits in der 1980er Jahren von Dick [7] und Sefrin [8] publiziert und von medizinischen Fachgesellschaften überarbeitet.

Den Standard der technischen Ausstattung zur Versorgung von Notfallpatienten und deren sicheren Transport geben die Tabellen 1 und 2 wieder. In allen Rettungsmitteln sollte ein ►Defibrillator, in nicht-arztbesetzten Rettungsmitteln als Halbautomat, vorgehalten werden.

Seit Oktober 1999 gilt im Gebiet der Europäischen Union die ►DIN EN (Europäische Norm) 1789, welche deutsches Recht außer Kraft setzt. Sie gilt für alle Rettungsmittel, die nach diesem Zeitpunkt erstmals in Dienst gestellt werden. In der DIN EN werden nicht nur die medizinische Ausstattung der jeweiligen Rettungsfahrzeuge, sondern u. a. auch Abmessungen der Fahrzeuginnenräume, allgemeine Fahrzeugbeschaffenheit sowie die Montage von Medizingeräten im Fahrzeuginnenraum geregelt.

Die DIN EN definiert die ►4 Fahrzeugkategorien A1, A2, B und C [9].

Der ►Typ A1 „Patient Transport Ambulance“ ist ausgelegt für den Transport eines einzelnen Patienten, z. B. als Kombi-Pkw oder Großraumlimousine. Die medizinische Ausstattung dieses Fahrzeuges ist gering und beinhaltet im Wesentlichen lediglich Trage, Tragestuhl, Tragetuch, tragbares Sauerstoffinhalationsgerät, manuelles Absauggerät, Feuerlöscher, Verbandmittel, Infusionshalterung und Kommunikationseinrichtungen. Zur zusätzlich empfohlenen Ausrüstung gehören u. a. ein Beatmungsbeutel, ein automatischer externer Defibrillator (AED) und ein Notgeburtbesteck.

Der ►Typ A2 „Patient Transport Ambulance“, der für den Transport eines oder mehrerer Patienten geeignet ist, entspricht in der medizinischen Ausstattung weitge-

► Typ B „Emergency Ambulance“

► Typ C „Mobile Intensive Care Unit“

► Erweiterte tragbare Notfallausrüstung

Photometrische Bestimmung der Sauerstoffsättigung

► Einfaches Routineverfahren

Tabelle 1  
**Empfehlungen zur Ausstattung von Notarztwagen: Störungen der kardiozirkulatorischen Funktion**

**Geräte zur Diagnostik:**

- Blutdruckmessung (nichtinvasiv)
- EKG
- Pulsoximeter

**Ausstattung zur Therapie:**

- Material für periphere und zentrale Venenzugänge
- Infusionspumpen und -systeme
- Defibrillator
- Herzschrittmacher

**Monitoring:**

- Puls
- EKG
- Temperatur

Tabelle 2  
**Empfehlungen zur Ausstattung von Notarztwagen: Störungen der respiratorischen Funktion**

**Geräte zur Diagnostik:**

- Stethoskop
- Pulsoximeter

**Ausstattung zur Therapie:**

- O<sub>2</sub>-Anreicherung der Atemluft
- Beatmung (PEEP)
- Thoraxdrainage

**Monitoring:**

- Stethoskop
- Pulsoximeter
- Kapnometer
- Druck- und Volumenparameter bei apparativer Beatmung

hend der eines ehemaligen Krankentransportwagens (KTW). Als zusätzliche Ausstattung werden in Deutschland mindestens eine Vakuummatratze, ein manuelles Blutdruckmessgerät, ein Stethoskop und eine Schaufeltrage empfohlen.

Der ► Typ B „Emergency Ambulance“ entspricht einer Mischung aus herkömmlichem KTW und Rettungswagen (RTW) mit einem im Vergleich zum RTW verkleinertem Innenraum (keine Stehhöhe, Trage lediglich von 2 Seiten zugänglich). Die medizinische Ausstattung beinhaltet für das Monitoring des Patienten ein manuelles Blutdruckmessgerät, einen Pulsoximeter, ein Gerät zur Ableitung eines EKG sowie einen AED. Außerdem steht eine Sauerstoffinhalationsseinheit zur Verfügung.

Die Rettungs- bzw. Notarztwagen des ► Typs C „Mobile Intensive Care Unit“ sind für den Transport, die erweiterte Versorgung, Behandlung und Überwachung von vital bedrohten Patienten konzipiert. Ihre medizinische Ausrüstung beinhaltet zusätzlich zu der des Typs B einen externen Herzschrittmacher und eine ► erweiterte tragbare Notfallausrüstung. Hierzu gehören u. a. Infusionen, ein Intubationsbesteck, bestimmte Notfallmedikamente, ein Beatmungsbeutel und Zubehör wie ein Ventil zur Applikation eines positiv endexpiratorischen Drucks (PEEP). Des Weiteren sind Sets zur Punktion zentraler Venen sowie zur Durchführung einer Perikardiozentese, Thoraxdrainagen, ein automatisches Beatmungsgerät und eine Spritzenpumpe vorhanden. Ein Kapnometer wird zwar zusätzlich empfohlen, ist aber nicht vorgeschrieben.

## Atemfunktion

Die klinisch-apparative Diagnostik einer beeinträchtigten Atemfunktion und die anschließende Sicherung einer adäquaten Oxygenierung und Ventilation des Patienten ist eines der wichtigsten Anliegen der präklinischen Behandlung von Notfallpatienten. Um sowohl die Diagnostik als auch die Überwachung der therapeutischen Interventionen der Atmung sicherzustellen, ist im Rettungsdienst das nachfolgend beschriebene Monitoring sinnvoll.

## Pulsoximetrie

Die Pulsoximetrie ist ein Verfahren zur nicht invasiven Messung der partiellen Sauerstoffsättigung im Blut (Abb. 1).

Rotes und infrarotes Licht durchdringt den Körper, zum Beispiel an den Fingern oder am Ohrläppchen, und kann an

der Austrittsstelle von einem Pulsoximeter photometrisch detektiert werden. Zyklische Änderungen im Signal entsprechen dem arteriellen Blutfluss, sodass auch pulsabhängige Schwankungen erfasst werden können und die Bestimmung der Pulsfrequenz möglich ist. Ein Mikroprozessor analysiert diese Änderungen und trennt die pulsierenden, d. h. arteriellen Komponenten von den nicht-pulsierenden Komponenten der Gewebe und der venösen Phase. Aufgrund der unterschiedlichen Absorptionsmaxima von oxigeniertem und desoxigeniertem (reduziertem) Hämoglobin lässt sich dadurch der Oxygenierungsgrad des Blutes ermitteln.

Durch die einfache Handhabung und die für den Patienten gefahrlose Anwendung ist diese Methode zu einem ► Routineverfahren zur Kontrolle der Atemfunktion im Rettungsdienst geworden, dass die Sicherheit für den Patienten verbessern kann. Mateer [4] und Morley [10] beschrieben, dass bei Patienten, die unter pulsoximetrischer Überwachung intubiert wurden, Episoden mit einem Abfall der partiellen Sauerstoffsättigung seltener und kürzer auftraten als bei Patienten, bei denen die

► Probleme in der Anwendung

► Kapnometrie

► Kapnographie

► Infrarotspektrometrie

► Hauptstrom-Kapnometern

► Nebenstrom-Verfahren

► Kolorimetrische Bestimmung



Abb. 1 ▲ Pulsoximeter

Rahmen einer Intoxikation mit Kohlenmonoxid. Artefakte durch Bewegungen sowie Lichteinstrahlung oder Nagellack können die Messung ebenfalls stören ([13]; Tabelle 3).

### Kapnometrie, Kapnographie

Ein Kapnometer ist ein Gerät zur nicht invasiven, kontinuierlichen Messung der Konzentration von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in Gasmischen, in der Regel in der Atemluft.

Die ►**Kapnometrie** misst den CO<sub>2</sub>-Anteil in der Ausatemluft als numerisches Ergebnis. Hierbei wird die gemessene endtidale Konzentration in Relation zum gesamten Gasmisch (Vol.-%) oder als endtidaler Partialdruck (etpCO<sub>2</sub> in mmHg) dargestellt. Der Verlauf der CO<sub>2</sub>-Konzentration während eines Atemzyklus kann dabei allerdings nicht beurteilt werden.

Empfehlenswert ist deswegen die Darstellung der endexpiratorischen CO<sub>2</sub>-Konzentration in Form einer Kurve auf dem Display des Geräts (►**Kapnographie**; Abb. 2). Der Vorteil der Kapnographie liegt in der Möglichkeit, aus der graphischen Darstellung weitere Informationen zum Patienten ableiten zu können, beispielsweise ein langsames Ansteigen der Kurve als Zeichen eines verzögerten Expiriums.

Die Messung der CO<sub>2</sub>-Konzentration erfolgt nach dem Prinzip der ►**Infrarotspektrometrie**, die auch als Infrarotspektrographie oder Infrarotspektroskopie bezeichnet wird. Dabei wird infrarotes Licht mit einer Wellenlänge von 426 nm von einer Lichtquelle ausgesandt. Beim Durchströmen einer Messkammer erfolgt die Absorption einer bestimmten Lichtmenge proportional zur Anzahl der vorhandenen CO<sub>2</sub>-Moleküle. Das nicht absorbierte Licht wird von einem Detektor erfasst und in ein elektrisches Signal umgewandelt.

In Abhängigkeit vom Ort der Detektion unterscheidet man Haupt- und Nebenstromverfahren. Bei ►**Hauptstrom-Kapnometern** wird der Sensor unmittelbar am Tubus bzw. hinter dem Filter im Beatmungssystem angebracht, die Messung des CO<sub>2</sub>-Anteils erfolgt somit unmittelbar im Atemstrom des Patienten. Beim ►**Nebenstrom-Verfahren** wird ein Teil der Ausatemluft, abhängig vom Atemminutenvolumen ca. 50–200 ml/min., zum Sensor gesaugt, der sich unmittelbar im Gerät befindet.

In der präklinischen Notfallmedizin werden bevorzugt Hauptstrom-Kapnometer eingesetzt. Diese liefern schneller Messergebnisse als Nebenstrom-Kapnometer, sind ohne Adaptation an den (pädiatrischen) Patienten auch bei kleinen Hubvolumina geeignet und haben einen geringeren Verbrauch von Einmalmaterial bei der Anwendung.

se Maßnahme ohne entsprechendes Monitoring durchgeführt wurde. Deutlich wird dies auch aus der Beobachtung, dass mit dem bloßen Auge die Zyanose eines Patienten erst bei einer Sauerstoffsättigung von etwa 85% erkennbar wird.

Daraus werden aber auch die ►**Probleme in der Anwendung** dieses Verfahrens deutlich [11, 12]. Einen Einfluss auf die Messgenauigkeit haben sowohl Störungen der Mikrozirkulation – wie im Schock oder bei hypothermen Patienten – als auch Dyshämoglobinämien wie im

Die Detektion von Kohlendioxid ist auch durch eine semiquantitative ►**kolorimetrische Bestimmung** möglich. Bei dieser Methode geben Farbindikatoren, die in einem kleinen Aufsatz angebracht sind, der auf den Endotrachealtubus gesteckt wird, einen Anhalt für die Menge des ausgeatmeten Kohlendioxids.

#### Tabelle 3 Pulsoximetrie: Probleme des Verfahrens

##### Eingeschränkte Beurteilbarkeit durch:

- Artefakte (Bewegungen, Lichteinstrahlung)
- Störungen der Mikrozirkulation
- Anämie
- Dyshämoglobinämie
- Hypothermie

Eingeschränkte Verifizierung der Tubuslage v. a. bei stark verminderter Kreislauffunktion wie im Herz-Kreislauf-Stillstand

Fehler durch kohlenensäurehaltige Getränke

Vermeidung massiver Hyperventilation

Frühzeitiges Erkennen von Fehlern im Beatmungssystem

Nach endotrachealer Intubation und auch bei der Anwendung alternativer Verfahren ist die Überprüfung der Ventilation und eine Lagekontrolle obligat

► **Direkte Laryngoskopie**



Abb. 2 ▲ **Kombiniertes Pulsoximeter und Kapnograph**

## Verifizierung der Tubuslage

Wichtigste Indikation für die Kapnometrie ist die Verifikation der korrekten Lage des Endotrachealtubus [14]. Die Kapnometrie wird aber im Gegensatz zur Lagekontrolle mittels direkter Laryngoskopie oder mittels Fiberbronchoskopie nicht zu den sicheren Verfahren der Lagekontrolle gezählt, sondern zu den nahezu sicheren Verfahren. Probleme, mittels Kapnometrie die korrekte Lage des Endotrachealtubus zu verifizieren, können vor allem bei Patienten mit stark verminderter Kreislauffunktion wie im Herz-Kreislauf-Stillstand auftreten. Dies wird erst wieder nach suffizienten Thoraxkompressionen möglich [15]. Mit Zunahme des pulmonalen Blutflusses im Rahmen von erfolgreichen Reanimationsmaßnahmen steigt jedoch auch der  $\text{etpCO}_2$  an und kann im Rahmen einer Reanimation als indirektes Maß für die

suffiziente Durchführung genutzt werden [13].

Jedoch ist zu beachten, dass nach dem Trinken größerer Mengen kohlenensäurehaltiger Getränke auch bei einer ösophagealen Fehlintubation Kohlendioxid über einige Atemzüge (in der Regel 4–6) im Tubus nachgewiesen werden kann („the Cola-Complication“; [16]) Neben den ersten Werten muss bei der Kapnometrie daher immer auch der Trend beachtet werden.

## Weitere Aufgaben der Kapnometrie

Die Überprüfung der korrekten Einstellung des Atemzeitvolumens durch die Kapnometrie ist bei Notfallpatienten lediglich bedingt möglich, da Ventilations-Perfusions-Störungen z. B. infolge von Thoraxtraumen oder Aspiration vorliegen können. Trotzdem stellt die Methode ein wichtiges Hilfsmittel dar, um die häufig nachweisbare massive iatrogene Hyperventilation im Rahmen der apparativen Beatmung zu vermeiden.

Die Kapnometrie erfüllt auch die Aufgabe eines frühzeitigen Alarms für Fehler im Beatmungssystem, die durch den fehlenden oder verminderten Rückfluss von  $\text{CO}_2$  unmittelbar erkannt werden können ([17, 18]; Tabelle 4). Dieses rasche Erkennen von Problemen führt zu einer verbesserten Sicherheit für den beatmeten Patienten. So konnte Rückoldt für Patienten auf Intensivtransporten nachweisen, dass die gemeinsame Anwendung von Pulsoximetrie und Kapnometrie eine Verringerung des Transportrisikos ermöglicht [3].

## Weitere Verfahren zur Kontrolle der Tubuslage

Die endotracheale Intubation gilt immer noch als „Goldstandard“ der Sicherung der Atemwege von Notfallpatienten. Diese invasive Therapiemaßnahme beinhaltet jedoch auch Risiken, insbesondere das einer unerkannten Fehlintubation oder Tubusdislokation. Auch bei der Anwendung alternativer Verfahren wie des Easy Tube, ösophagotrachealen Combitube oder der Larynxmaske ist die Überprüfung der Ventilation und eine Lagekontrolle, z. B. durch Dektektion von endexpiratorischem Kohlendioxid, obligat.

Bei den Verfahren zur Kontrolle der korrekten Lage des Endotrachealtubus unterscheidet man zwischen klinischen und apparativen sowie sicheren, nahezu sicheren und unsicheren Verfahren (Tabelle 5; [19]). Mit Ausnahme der ► **direkten laryngoskopischen Kontrolle** des Tubusverlaufs zwischen den Stimmbändern gelten alle klinischen Testverfahren als unsicher.

Die Kapnometrie sollte in der präklinischen Notfallsituation zum festen Bestandteil des Monitoring gehören

Tabelle 4  
**Indikationen zur Kapnometrie**

- Kontrolle der Lage des Endotrachealtubus
- Verlaufsbeobachtung des etCO<sub>2</sub> im Rahmen der kontrollierten Beatmung
- Frühzeitiges Erkennen von Gefahren:
  - Tubusdislokation
  - Obstruktion des Tubus
  - Diskonnektion
  - Leckage des Beatmungssystems

### ► Esophageal Detector Device

Tabelle 5  
**Methoden der Lagekontrolle des Endotrachealtubus**

- Sichere Methoden:**
  - Direkte Laryngoskopie
  - Fiberbronchoskopische Lagekontrolle
- Nahezu sichere Methoden:**
  - Kapnometrie, Kapnographie
  - Esophageal Detector Device
- Beispiele für unsichere Methoden:**
  - Beschlagen des Endotrachealtubus bei der ersten Expiration
  - Beobachtung seitengleicher Thoraxexkursionen
  - Auskultation des Thorax
  - Auskultation des Epigastriums

### ► Flexible Fiberbronchoskopie

Tabelle 6  
**Empfehlungen zum Monitoring beatmeter Patienten**

- Qualifiziertes Personal
- Inspiratorische Sauerstoffkonzentration
- Endexpiratorisches Volumen
- Beatmungsdrucke (Peak, Plateau, PEEP)
- Kapnometrie
- Pulsoximetrie

### ► Automatische Beatmungsgeräte

### ► Nicht invasive Blutdruckmessung

### ► Verfahren nach Korotkoff

Als wichtigste apparative Methode zur Verifizierung der Tubuslage in der klinischen Anästhesie hat sich seit Jahren die Kapnographie etabliert. Diese nahezu sichere Verfahren wird in zunehmendem Maße auch in der Notfallmedizin eingesetzt. Nach Empfehlungen von Lackner [20] sollte die Kapnometrie in der präklinischen Notfallsituation zum festen Bestandteil des Monitoring gehören, da sie eine zuverlässige Aussage über die initiale Tubuslage liefert und dabei als beweisend für die richtige Tubuslage einzustufen ist.

In Untersuchungen von Helm [21] wurde die Zuverlässigkeit der semiquantitativen Kapnometrie bei der Verifizierung der Tubuslage im Rahmen der präklinischen Versorgung traumatisierter Patienten untersucht und als wertvolle Ergänzung der rein klinischen Überprüfungsmethoden eingestuft. Bei Patienten ohne Herz-Kreislauf-Stillstand konnte mit einer Sensitivität und Spezifität von jeweils 1,0 die tracheale Tubuslage verifiziert werden.

Eine weiteres nahezu sicheres Verfahren stellt das ► **Esophageal Detector Device** (EDD) dar. Hierbei wird mittels eines kleinen Ballons oder einer speziellen Spritze abrupt Luft aus dem Tubus gesaugt (Abb. 3). Da die Trachea aufgrund ihrer Knorpelspannen im Gegensatz zu dem muskulären Ösophagus nicht kollabiert, kann nur bei korrekter endotrachealer Tubuslage Luft angesaugt werden. Bei ösophagealer Fehllage wird die Aspiration von Luft aufgrund des kollabierenden Ösophagus unmöglich und es entsteht ein starker Widerstand bzw. der Ballon füllt sich nicht mit Luft. Insbesondere bei Patienten mit Herz-Kreislauf-Stillstand zeigt das EDD eine höhere Präzision als kapnometrische Methoden [22].

Ein weiteres apparatives Verfahren zur sicheren Lagekontrolle des Endotrachealtubus stellt das Einführen eines ► **flexiblen Fiberbronchoskops** in den Endotrachealtubus dar. Hiermit kann nicht nur der Beweis der Lage des Tubus in den oberen Atemwegen durch Nachweis trachealer Knorpelspannen distal des Tubus geführt werden, es kann auch der Abstand der Tubusspitze zur Trachealbifurkation ausgemessen und ggf. korrigiert werden. Dieses sehr elegante Verfahren ist jedoch insbesondere in der Notfallmedizin durch seine technischen Anforderungen, die hohen Kosten und die erforderliche persönliche Erfahrung limitiert.

## Überwachung der kontrollierten Ventilation

Neben Beatmungsbeuteln werden auf Rettungs- und Notarztwagen auch ► **automatische Beatmungsgeräte** zur Ventilation intubierter Patienten mitgeführt. Die minimalen Anforderungen an eine sichere Überwachung von beatmeten Notfallpatienten sind in Tabelle 6 aufgeführt.

## Kreislauffunktion

### Messung des Blutdrucks

Die Messung des arteriellen Blutdrucks lässt sich entweder nichtinvasiv indirekt oder auch invasiv direkt durch Einführen eines Katheters in eine Arterie und den Anschluss eines Druckaufnehmers und entsprechenden Messgeräts durchführen.

Die ► **nicht invasive, indirekte Blutdruckmessung** kann mittels verschiedener Techniken erfolgen:

Beim ► **Verfahren nach Korotkoff** wird die Manschette soweit aufgepumpt, dass der Manschettendruck über dem systolischen Blutdruck liegt und der periphere Puls

► **Palpationsmethode**

► **Oszillationsmethode**

► **Ultraschallmethode**

Blutdruckmanschette muss größen-  
adaptiert sein und in Herzhöhe liegen

► **Erschwerte präklinische  
Blutdruckmessung**

► **Invasive Blutdruckmessung**

Zur Differenzierung des Herz-Kreislauf-  
Stillstandes ist ein Rhythmus-EKG  
obligat

- **Standardableitungen I, II, III  
nach Einthoven**
- **Extremitätenableitungen aVR,  
aVL und aVF nach Goldberger**
- **Thoraxableitungen V<sub>1</sub>-V<sub>6</sub>  
nach Wilson**

► **12-Kanal-EKG**

► **Automatische EKG-Diagnostik**



Abb. 3 ▲ **Esophageal Detector Device**

Arterie kein Puls mehr tastbar ist. Beim anschließenden langsamen Ablassen des Manschettendrucks kann der systolische Blutdruck bestimmt werden, wenn der Puls wieder tastbar wird.

Eine weitere Möglichkeit zur Messung des Blutdrucks stellt die ► **Oszillationsmethode** dar. Hierbei treten beim Ablassen des Manschettendrucks bei Erreichen des systolischen Blutdrucks typische Oszillationen auf, die z. B. auch an der Anzeige des Manometers erkannt werden können. Der diastolische Blutdruck ist erreicht, wenn diese Oszillationen schlagartig kleiner werden.

Automatische Blutdruckmessgeräte arbeiten u. a. nach der ► **Ultraschallmethode**, bei der eine Messsonde über der Arterie angebracht wird. Beim Ablassen des Manschettendrucks erfolgt die Bestimmung des Blutdrucks mittels Reflexion von Ultraschallwellen an den beweglichen Teilen der Blutes (Doppler-Effekt).

Um Fehlbestimmungen zu vermeiden, muss bei der Bestimmung des nichtinvasiv gemessenen Blutdrucks immer darauf geachtet werden, eine an die Größe der jeweiligen Extremität angepasste Blutdruckmanschette zu verwenden und bei der Messung die Manschette in Herzhöhe des Patienten zu halten.

Unter bestimmten Voraussetzungen kann die Blutdruckmessung präklinisch nicht nur deutlich ► **erschwert** sein, sondern sich sogar unmöglich gestalten. Ursache können eingeschränkter Zugang zum Patienten, Bewegungsartefakte, Lärm an der Einsatzstelle oder auch Bewegungen im fahrenden Rettungsmittel sein.

Die ► **invasive Blutdruckmessung** bleibt in der Regel dem Intensivtransport vorbehalten, da die Durchführung dieser Maßnahme insgesamt aufwändiger und lediglich bei bestimmten, v. a. hämodynamisch instabilen, catecholaminpflichtigen Patienten sinnvoll einzusetzen ist [10, 23].

### Elektrokardiographie

Die Ableitung eines Elektrokardiogramms (EKG) gehört wie auch die nicht invasive Bestimmung des Blutdrucks zu den Standardmaßnahmen der Überwachung von Notfallpatienten. Obligat ist die Ableitung eines Rhythmus-EKG – in den Regel über einen Defibrillator mit EKG-Monitor – zur Differenzierung der verschiedenen elektrophysiologischen Formen des Herz-Kreislauf-Stillstands.

Im EKG werden elektrische Erregungsvorgänge am Herzen sichtbar gemacht, die sich über den gesamten Körper ausbreiten. Im Rahmen des Monitoring von Notfallpatienten werden üblicherweise die ► **Standardableitungen nach Einthoven** (bipolare Extremitätenableitung I, II und III) gewählt. Zur weiteren Diagnostik bei Patienten mit kardialen Erkrankungen werden unipolare ► **Extremitätenableitungen nach Goldberger** (aVR, aVL und aVF) aufgezeichnet. Unipolare ► **Thoraxableitungen nach Wilson** (V<sub>1</sub>-V<sub>6</sub>) ergänzen die EKG-Diagnostik und ermöglichen eine weitergehende Lokalisierung myokardialer Schäden.

In den „Guidelines 2000“ zur kardiopulmonalen Reanimation wird die Registrierung eines ► **EKG mit 12 Ableitungen** (bei dem auch mehrere Kanäle nacheinander geschrieben werden können) bei Patienten mit einem akuten Koronarsyndrom als eine Klasse-I-Empfehlung beschrieben [24]. Die Einteilung in Klasse I belegt die exzellente wissenschaftlich-klinische Evidenz dieser Maßnahme.

Eine zusätzliche ► **automatische EKG-Diagnostik** durch das Gerät zur Unterstützung des Arztes bei der Detektion bedrohlicher Arrhythmien und der Lokalisa-

**Tabelle 7**  
**Anforderungen**  
**an die Elektrokardiographie**

- 12-Kanal-EKG
- Parallele Darstellung von mindestens 3 Ableitungen
- Automatische Diagnostik des Gerätes hinsichtlich
  - Erkennung myokardialer Ischämie
  - Bedrohlicher Arrhythmien
  - Detektion von Artefakten

**Tabelle 8**  
**Auswirkungen einer Hypothermie**

- Beeinflussung von Pharmakokinetik und -Dynamik
- Kardiale Komplikationen wie Herzrhythmusstörungen
- Gerinnungsstörungen
- Erhöhtes Infektionsrisiko
- Verschiebung der Sauerstoffbindungskurve

Vor der EKG-Auswertung ist die Filterfunktion auszuschalten

► **Artefakte**

Kein Rückschluss auf Pulse oder Herzzeitvolumen möglich

► **Hypothermie**

► **Tympanonthermometer**

► **Kabelsalat**

tion von Myokardinfarkten ist sinnvoll und wird in zunehmendem Maße auch für den Einsatz in der Notfallmedizin technisch umgesetzt. Die kontinuierliche Analyse der ST-Strecke im EKG ist zwar wünschenswert, jedoch aufgrund der Erschütterungen während des Transportes und der entstehenden Artefakte im Gegensatz zur klinischen Situation schwierig umzusetzen (Tabelle 7).

In der notfallmedizinischen Praxis sind EKG-Geräte häufig mit Defibrillatoren kombiniert. Teilweise enthalten diese Geräte weitere integrierte Komponenten wie Herzschrittmacher, Blutdruckmonitore, Pulsoximeter und Kapnometer (Abb. 4).

**Einschränkungen der EKG-Diagnostik**

Um Artefakte durch Muskelzittern, Vibrationen oder Wechselstromüberlagerungen zu minimieren, sind die im Rettungsdienst verwandten Geräte mit Filtern ausgestattet (z. B. im so genannten „Monitor Modus“). Vor einer Interpretation des EKG hinsichtlich einer myokardialen Ischämie ist entsprechend der Angaben des Herstellers die Filterfunktion ggf. zu verändern (z. B. auf „Analyse Modus“), da diese Filter das ST-Segment verändern können.

Probleme in der präklinischen Notfallmedizin treten häufig durch die Elektroden auf. Manipulationen am Patienten, Muskelzittern infolge Hypothermie oder Angst, Feuchtigkeit auf der Haut des Patienten oder das lagerungsbedingte Austrocknen der Elektroden können ► **Artefakte** erzeugen oder die Ableitung eines EKG ganz verhindern [10, 25].

Das EKG-Bild gibt darüber hinaus lediglich die elektrischen Erregungsabläufe wieder und lässt keinen Rückschluss auf das Vorhandensein eines Pulses oder das Herzzeitvolumen zu.

**Körpertemperatur**

Die Überwachung der Körpertemperatur muss auch in der Notfallmedizin zur frühzeitigen Erfassung einer Hypo- oder Hyperthermie und den damit verbundenen therapeutischen Konsequenzen regelmäßig durchgeführt werden.

Für Notfallpatienten ist vor allem eine ► **Hypothermie** (Abfall der Körpertemperatur unter 35°C) von Bedeutung. Die Untersuchungen von Helm [26] zeigen, dass nahezu jeder 2. traumatisierte Patient bei Klinikaufnahme an einer Hypothermie leidet, die zusätzliche Komplikationen mit Auswirkungen auf die Mortalität und Morbidität des Patienten verursachen kann (Tabelle 8).

In der Notfallmedizin wird die Bestimmung der Körpertemperatur häufig mit Hilfe eines ► **Tympanonthermometers** durchgeführt. Bei der Wahl entsprechender Geräte ist zu beachten, dass sich der Messbereich des Thermometers nach EN mindestens von 28–42°C erstrecken muss.

**Gerätespezifische Probleme**

Auch durch die Medizingeräte selbst werden verschiedene Probleme hervorgerufen, die zu einer Gefährdung des Patienten führen können.

Durch den von Gisvold beschriebenen „Christmas Tree of Spaghetti“ (► **Kabelsalat**) wird der Entstehung von Artefakten Vorschub geleistet und die Übersicht über Maßnahmen des Monitoring sowie Infusionsleitungen stark eingeschränkt [27].



Abb. 4 ▲ Multifunktionsmonitor

Lücken im Monitoring bei Umlagerung müssen durch Überwachung überbrückt werden

### ► Erfordernisse der Präklinik

Im Rahmen von Umlagerungsmaßnahmen treten regelmäßig Lücken im Monitoring auf, die in dieser kritischen Phase des Patiententransports potenzielle Komplikationen unentdeckt lassen. Deswegen hat es sich in der Praxis bewährt, während entsprechender Maßnahmen eine verantwortliche Person, in der Regel den Notarzt, ausschließlich mit der Überwachung der Vitalfunktionen und der Festlegung der einzelnen Schritte zu betrauen.

Die verwendeten Geräte müssen an die besonderen **► Erfordernisse der präklinischen Situation** angepasst sein, so sind beispielsweise eine ergonomische und kompakte Bauweise, die Belastbarkeit der Gehäuse und die Haltbarkeit ihrer Bausteine sowie ein geringes Gewicht wichtige Bedingungen für den erfolgreichen Einsatz. Eine lange Unabhängigkeit von der Stromversorgung, Kompatibilität mit klinischen Monitoren und eine anwenderfreundliche Benutzeroberfläche erhöhen die Sicherheit für den Patienten und den Komfort des Anwenders.

Zudem sollte eine hohe Resistenz gegen Umwelteinflüsse wie Feuchtigkeit oder Temperaturschwankungen sowie die Möglichkeit einer unkomplizierten Reinigung und Desinfektion gegeben sein. Eine mangelnde Vibrations- und Beschleunigungsresistenz kann bei bodengebundenen Transporten wie auch beim Lufttransport Artefakte und Schäden am Gerät hervorrufen. Optische und akustische Alarmfunktionen müssen an den jeweiligen Patienten und die Situation adaptierbar sein.

Die apparative Überwachung des Patienten kann jedoch auch Artefakte verursachen oder zu einer **► Informationsüberflutung** mit Irreführung, Überforderung oder Ablenkung des Anwenders führen. Eine optimierte Präsentation komplexer Daten würde insbesondere in den typischen notfallmedizinischen Stresssituationen eine einfachere Bewertung unmittelbar relevanter Parameter ermöglichen.

Eine integrierte Dokumentation und standardisierte Geräteschnittstellen erleichtert den lückenlosen Transfer aller präklinisch erhobenen Parameter in der Klinik.

### ► Informationsüberflutung

## Technische Neuerungen

### Präklinische Sonographie

In der Klinik hat die Sonographie des Abdomens als rasch durchführbares und nichtinvasives Verfahren zur Diagnostik intraperitonealer Blutungen in den letzten 10 Jahren die Peritoneallavage abgelöst [28, 29].

Durch die Entwicklung kleiner und mobiler Ultraschallgeräte ist es technisch möglich geworden, diese auch in der präklinischen Umgebung erfolgreich einzusetzen [30, 31]. Bei einem relativ geringem Zeitaufwand von wenigen Minuten konnte in einer Studie von Walcher die präklinische Ultraschalldiagnostik nach einem festgelegten Schema durchgeführt werden. Die erzielte Sensitivität von 100% und Spezifität von 97,9% war bei dieser Studie außerordentlich hoch. Eine abdominale Sonographie ermöglicht nach Aussage der Autoren auch in der Präklinik eine verlässliche Diagnostik.

Fraglich bleibt jedoch, ob diese technische Neuerung mit Ausnahme von Studien Eingang in die präklinische Diagnostik finden sollte. Nur wenn eine sonographisch gesicherte Diagnose wesentliche **► therapeutische Konsequenzen** nach sich zöge, wäre der apparative und zeitliche Aufwand gerechtfertigt. Die rasche Übermittlung einer sonographisch gesicherten Diagnose an das aufnehmende Krankenhaus hätte ggf. unmittelbare Vorteile für das weitere Procedere von diagnostischen Maßnahmen und der Planung des operativen Vorgehens noch vor Eintreffen des Patienten, kann aber auch vor Ort wertvolle Zeit kosten.

### Telemedizin

Die Telemedizin wird zunehmend durch viele medizinische Fachbereiche genutzt. Ihre besondere Stärke in der Notfallmedizin liegt in der Möglichkeit, medizinische Daten von der Einsatzstelle zu einem Spezialisten zu übermitteln, um dem (Not-)Arzt eine zusätzliche **► Hilfestellung bei der Diagnostik** spezifischer Fragestellungen und differenzierter therapeutischer Strategien zu geben [32]. Vor allem im Rahmen der Versorgung von Patienten mit einem akuten Koronarsyndrom wird der Einsatz telemedizinischer Techniken diskutiert [33].

Die abdominale Sonographie ermöglicht auch in der Präklinik eine schnelle, verlässliche Diagnostik

### ► Therapeutische Konsequenzen

### ► Hilfestellung bei der Diagnostik

## ► Präklinische Thrombolyse

Therapeutischer Zeitgewinn bei akutem Koronarsyndrom

Lamfers [34] beschreibt die Vorteile einer telemetrie-gestützten frühen ► **Thrombolyse** in der Präklinik im Vergleich mit einer späteren Thrombolyse in der Klinik bei der Behandlung von Patienten mit akutem Myokardinfarkt. Auch Mavrogeni [35] berichtet über die erfolgreiche präklinische Thrombolyse bei Patienten mit einem durch telemedizinische Techniken gesicherten Myokardinfarkt. In Schweden hatten die guten Resultate der von Bengner [36] durchgeführten Studie zur Folge, dass rund zwei Drittel der schwedischen Kliniken präklinische Thrombolyse mit telemedizinischer Unterstützung durchführen.

Bei der Umsetzung dieses in der Notfallmedizin relativ neuen Verfahrens muss jedoch bedacht werden, dass eine telemedizinische Hilfe zur Diagnostik bestimmter Erkrankungen oder Verletzungen nur dann sinnvoll ist, wenn sich daraus eine unmittelbare Konsequenz für das weitere Vorgehen ergibt, z. B. die Zeit bis zur definitiven Therapie in der aufnehmenden Klinik für einen Patienten mit akutem Koronarsyndrom reduziert werden kann.

## Fazit für die Praxis

Trotz der ständigen technischen Weiterentwicklung und der Optimierung von Verfahren zum Monitoring des Notfallpatienten ist ausschließlich hochqualifiziertes medizinisches Personal in der Lage, Informationen über den Patienten, über die Mitarbeiter sowie Umgebungsbedingungen zu integrieren und mit der eigenen klinischen Erfahrung zu bewerten. Zu den apparativen Standards der Patientenüberwachung im qualifizierten Notarztdienst zählt neben der Messung des Blutdrucks und der Registrierung eines Elektrokardiogramms mit 12 Ableitungen auch die Pulsoximetrie und die Kapnometrie. Entsprechende Monitore müssen auf Notarztwagen, Notarzteinsatzfahrzeugen und Rettungshubschraubern verfügbar sein.

Die apparative Überwachung lebenswichtiger Parameter und Funktionen bringt allerdings auch Probleme mit sich. Aus der Darstellung von Artefakten oder einer Informationsüberflutung kann eine Irreführung, Überforderung oder Ablenkung des Anwenders resultieren. Die technische Entwicklung muss sich auf die weitere Reduktion von Größe und Gewicht sowie eine verbesserte Ergonomie der Geräte konzentrieren.

Trotz aller technischen Möglichkeiten behält jedoch ein Dogma der Notfallmedizin unverändert seine Gültigkeit: „Treat the patient, not the monitor“.

## Literatur

1. Kanter RK, Boeing NM, Hannan WP, Kanter DL (1992) Excess morbidity associated with interhospital transport. *Pediatrics* 90: 893–898
2. Smith I, Fleming S, Cernaianu A (1990) Mishaps during transport from the intensive care unit. *Crit Care Med* 18: 278–281
3. Rückoldt H, Marx G, Leuwer M, Panning B, Piepenbrock S (1998) Pulsoxymetrie und Kapnometrie bei Intensivtransporten: Kombiniertes Einsatz verringert das Transportrisiko. *Anaesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 33: 32–36
4. Mateer JR, Olson DW, Stueven HA, Aufderheide TP (1993) Continuous pulse oximetry during emergency endotracheal intubation. *Ann Emerg Med* 22: 675–679
5. Obermayer A (1999) Medizinproduktegesetz und -Betriebsverordnung: Auswirkungen auf den Rettungsdienst. *Notfallmedizin* 25: 248–251
6. Deutsches Institut für Normung e.V (1996) DIN 13050 – Begriffe im Rettungswesen In: Deutsche Norm. Berlin
7. Dick W (1989) Empfehlungen zur Ausstattung für Diagnostik, Therapie und Überwachung bei Notfallpatienten. *Notfallmedizin* 15: 381
8. Sefrin P, Kraus S (1989) Ausrüstung des Notarztwagens bei Störungen der kardiozirkulatorischen Funktion. *Notarzt* 5: 174–186
9. Knuth P (2000) Europäische Normen im Rettungsdienst. *Notfallmedizin* 26: 360–364
10. Morley AP (1996) Prehospital monitoring of trauma patients: experience of a helicopter emergency medical service. *Br J Anaesth* 76: 726–730
11. Helm M, Forstner K, Lampl L, Bock KH (1993) [Pulse oximetry in the air rescue service. 1: Quantitative detection of interfering factors on the method]. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 28: 86–90
12. Helm M, Forstner K, Lampl L, Bock KH (1993) [Pulse oximetry in the air rescue service. 2: Methods of increasing the stability of pulse oximetry measurements – ECG-synchronized pulse oximetry and adhesive sensors]. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 28: 174–178

13. Waxman K (1986) Noninvasive monitoring in emergency resuscitation. *Ann Emerg Med* 15: 1434–1436
14. Petroianu G, Maleck W, Bergler WF, Ellinger K, Osswald PM, Rufer R (1995) Präklinische Kontrolle von Tubuslage und Beatmung. *Anaesthesist* 44: 613–623
15. Ornato JP, Shipley JB, Racht EM et al. (1992) Multicenter study of a portable, hand-size, colorimetric end-tidal carbon dioxide detection device. *Ann Emerg Med* 21: 518–523
16. Zbinden S, Schüpfer G (1989) Detection of oesophageal intubation: the cola complication. *Anaesthesia* 44: 81
17. Ward KR, Yealy DM (1998) End-tidal carbon dioxide monitoring in emergency medicine, Part 1: Basic principles. *Acad Emerg Med* 5: 628–636
18. Ward KR, Yealy DM (1998) End-tidal carbon dioxide monitoring in emergency medicine, Part 2: Clinical applications. *Acad Emerg Med* 5: 637–646
19. Salem MR, Baraka A (1996) Confirmation of tracheal intubation. In: Benumof JL (ed) *Airway management*. Mosby, St. Louis Baltimore Boston, pp 531–560
20. Lackner CK, Reith MW, Ruppert M et al. (2002) Prähospitaler Intubation und Verifizierung der endotrachealen Tubuslage. *Notfall Rettungsmed* 5: 430–440
21. Helm M, Lampl L, Mutzbauer T, Bock KH (1996) [Semiquantitative capnometry – helpful in verification of tube position in trauma patients?]. *Unfallchirurg* 99: 11–16
22. Bozeman WP, Hexter D, Liang HK, Kelen GD (1996) Esophageal detector device versus detection of end-tidal carbon dioxide level in emergency intubation. *Ann Emerg Med* 27: 595–599
23. Hunt RC, Allison EJ, Jr., Whitley TW, Robinson MJ, Smart TL (1985) Comparison of EMT blood pressure measurements with an automated blood pressure monitor: on scene, during transport, and in the emergency department. *Ann Emerg Med* 14: 871–875
24. American Heart Association in collaboration with the International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) (2000) Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care – International Consensus on Science. *Resuscitation* 46: 1–447
25. Purvis GM, Weiss SJ, Gaffney FA (1999) Prehospital ECG monitoring of chest pain patients. *Am J Emerg Med* 17: 604–607
26. Helm M, Hauke J, Lampl L, Bock KH (1997) Accidental hypothermia in trauma patients. *Acta Anaesthesiol Scand Suppl* 111: 44–46
27. Gisvold SE (1991) [Quality assurance of technical medical equipment. Report from a research department]. *Tidsskr Nor Laegeforen* 111: 349–350
28. Boulanger BR, Brenneman FD, McLellan BA, Rizoli SB, Culhane J, Hamilton P (1995) A prospective study of emergent abdominal sonography after blunt trauma. *J Trauma* 39: 325–330
29. Wherrett LJ, Boulanger BR, McLellan BA, Brenneman FD, Rizoli SB, Culhane J, Hamilton P (1996) Hypotension after blunt abdominal trauma: the role of emergent abdominal sonography in surgical triage. *J Trauma* 41: 815–20
30. Polk JD, Fallon WF (2000) The use of focused assessment with sonography for trauma (FAST) by a prehospital air medical team in the trauma arrest patient. *Prehosp Emerg Care* 4: 82–84
31. Walcher F, Kortum S, Kirschning T, Weihgold N, Marzi I (2002) Optimierung des Traumamanagements durch präklinische Sonographie. *Unfallchirurg* 105: 986–994
32. Buckner F (1998) Telemedicine: the state of the art and current issues. *J Med Pract Manage* 14: 145–149
33. Glovas P (1998) Telecardiac monitoring from an ambulance. *Telemed Today* 6: 26
34. Lamfers EJ, Hooghoudt TE, Uppelschoten A, Stolwijk PW, Verheugt FW (1999) Effect of prehospital thrombolysis on aborting acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 84: 928–927
35. Mavrogeni SI, Tsirintani M, Kleanthous C et al. (2000) Supervision of thrombolysis of acute myocardial infarction using telemedicine. *J Telemed Telecare* 6: 54–58
36. Benger JR, Karlsten R, Eriksson B (2002) Prehospital thrombolysis: lessons from Sweden and their application to the United Kingdom. *Emerg Med J* 19: 578–583

## Fragen zur Erfolgskontrolle

### 1. Zu den Aufgaben der Kapnometrie in der Notfallmedizin gehören:

- I. Kontrolle nach Sicherung der Atemwege durch Combitube,
- II. Darstellung der CO<sub>2</sub>-Konzentration während des Atemzyklus,
- III. Erkennen von Diskonnektionen im Beatmungssystem,
- IV. Kontrolle der suffizienten Oxygenierung,
- V. Verifizierung der Tubuslage.

- a. I und II sind richtig,
- b. II und III sind richtig,
- c. I, III und V sind richtig,
- d. I, III und IV sind richtig,
- e. alle sind richtig.

### 2. Was sind typische Fehlerquellen bei der Pulsoximetrie?

- I. Artefakte durch Lichteinstrahlung,
- II. CO-Vergiftung,
- III. Anämie,
- IV. Hypothermie,
- V. pulsabhängige Schwankungen.

- a. alle sind richtig,
- b. nur I, II, und V sind richtig,
- c. nur II, III und IV sind richtig,
- d. nur I, II, III und IV sind richtig,
- e. nur II, IV und V sind richtig.

### 3. Welche Aussage zur Lagekontrolle des Endotrachealtubus trifft zu?

- a. In der Präklinik ist die Kontrolle der Tubuslage nur mittels klinischer Methoden möglich.
- b. Die Kapnometrie ist die sicherste Methode zur Verifizierung der Tubuslage.
- c. Das Esophageal Detector Device ist bei Herz-Kreislauf-Stillstand besonders störanfällig.
- d. Durch die klinische Überprüfung ist die Verifizierung der Tubuslage zweifelsfrei möglich.
- e. Mit Hilfe der flexiblen Fiberbronchoskopie kann die korrekte Lage auch in Bezug auf die Trachealbifurkation festgestellt werden.

### 4. Welche Aussagen zum Monitoring beatmeter Patienten treffen zu?

- I. Pulsoximetrie und Kapnometrie verbessern die Sicherheit des Patienten.
- II. Die Pulsoximetrie ist auch zur Überprüfung der korrekten Tubuslage geeignet.
- III. Das Personal muss nach dem Medizinproduktegesetz eine Einweisung in die Geräte zum Beatmungsmonitoring erhalten.
- IV. Die Beatmungsdrücke sind in der präklinischen Situation von untergeordneter Bedeutung.
- V. Die kompakte Bauweise präklinischer Geräte führt zu erhöhter Resistenz gegen Vibration und Beschleunigung.

- a. alle sind richtig,
- b. nur III und IV sind richtig,
- c. III, IV und V sind richtig,
- d. nur I und II sind richtig,
- e. nur I und III sind richtig.

### 5. Welche Aussage zum Medizinproduktegesetz ist zutreffend?

- a. Die Einführung in den Gebrauch medizinischer Geräte nach dem Schneeballprinzip ist für den Rettungsdienst ausreichend.
- b. Bei Verdacht auf eine Fehlfunktion ist die Verwendung eines Beatmungsgerätes in einer Notfallsituation strafbar.
- c. Nur der Hersteller des Produktes darf die Einweisung in Geräte durchführen.
- d. Instandhaltung und Reinigung von medizinischen Gerät werden durch die Medizingeräteverordnung geregelt.
- e. Nationales Recht hat stets Vorrang vor europäischen Regelungen.

**Die richtigen Lösungen finden Sie unter dem nächsten Beitrag der Rubrik „Weiterbildung – Fortbildung“.**