

Franz Kehl  
Sebastian Schulz-Stübner

# Intensivmedizin Fragen und Antworten

850 Fakten für die Prüfung  
Intensivmedizin

*5. Auflage*

EBOOK INSIDE



Springer

# Intensivmedizin Fragen und Antworten

**EBOOK INSIDE**

Die Zugangsinformationen zum eBook inside finden Sie  
am Ende des Buchs.

Franz Kehl  
Sebastian Schulz-Stübner

# **Intensivmedizin Fragen und Antworten**

850 Fakten für die Prüfung Intensivmedizin

5., aktualisierte und erweiterte Auflage

 Springer

**Franz Kehl**

Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin  
Karlsruhe, Germany

**Sebastian Schulz-Stübner**

Deutsches Beratungszentrum für Hygiene (BZH GmbH)  
Freiburg, Germany

ISBN 978-3-662-55969-7

ISBN 978-3-662-55970-3 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-55970-3>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2004, 2006, 2011, 2014, 2018

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Speicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Fotonachweis Umschlag: © deblik Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer ist Teil von Springer Nature

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer-Verlag GmbH, DE

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

## Geleitwort zur 5. Auflage

---

Die gewohnte Form von Wissensvermittlung besteht unverändert in der Darstellung von Sach- und Wissensinhalten. Intensivmedizinische Lehrbücher sind an Ablauf-, Organ- oder Krankheitsentitäten orientiert, die Überprüfung des erfolgreichen Wissenstransfers oder – einfach – des Lernerfolgs besteht in der Regel nicht. Darüber hinaus nehmen Lehrbücher in der Regel keine Gewichtung vor, aus der sich die Relevanz der behandelten Themen ableiten lässt.

Die Autoren Kehl und Schulz-Stübner haben in gewohnter Manier und wiederum nach kurzer Zeit die 5. Auflage der kommentierten Fragen- und Antwortensammlung Intensivmedizin vorgelegt, die die Wissensvermittlung und -überprüfung miteinander verknüpft und auf Grund der getroffenen Themenauswahl die angesprochene Gewichtung vornimmt. In einer gut verständlichen Frage-Antwort-Form werden wichtige intensivmedizinische Themen präsentiert. Darüber hinaus überzeugt das Buch durch die Darstellung auch seltenerer Krankheitsbilder und Fakten, die außerhalb des »main stream« liegen, aber unter dem Aspekt »Lernen am Fall« bedeutsam sind und deshalb hervorragend in das Konzept passen. In der neuen Auflage wurden wiederum neueste Erkenntnisse integriert und aus Sicht der Autoren wegweisende aktuelle Studien aufgenommen. Diese Form der Darstellung – Abstracts von wichtigen Studien mit einer kommentierten Kernaussage – schlägt für den Interessierten die Brücke zum Studium der Originalarbeit.

Das Buch ist als Vorbereitung für die Facharztprüfung ebenso geeignet wie für den Erwerb der fakultativen Weiterbildung »Spezielle Intensivmedizin«. Daneben bietet es den intensivmedizinisch tätigen Kollegen eine aktualisierte Auffrischung ihres Wissens im Sinne einer »continuous medical education«.

Das Geleitwort zur 1. Auflage aus dem Jahr 2004 endete mit den folgenden Sätzen: »Intensivmedizinisches Wissen ist Wissen im beständigen Fluss; diese Binsenweisheit ist für ein Arbeitsbuch wie das vorliegende eine besondere Verpflichtung. Es bedarf der kontinuierlichen Anpassung und – vor allem – der Rückkopplung mit dem Leser und Nutzer. Auch im diesem Sinne wünsche ich den Autoren und dem Buch viel Erfolg.«

Mit der neuesten Auflage sind die Autoren erneut der für ein derartiges Fachbuch zwingenden Forderung nach regelmäßiger Aktualisierung nachgekommen. Im Zeitalter der elektronischen Publikationen erwirbt der Leser diesen »Klassiker« nicht nur als gedrucktes Buch, sondern gleichzeitig auch als ebook, damit das Lernen jederzeit und überall erfolgen kann. Damit wird gleichzeitig unterschiedlichen Bedürfnissen in der Präsentation und Perzeption von Wissen und Information Rechnung getragen. Den Autoren und dem Verlag ist mit diesem Projekt weiter Erfolg zu wünschen, den Lesern der gewünschte Nutzen für ihr intensivmedizinisches Wissen.

**Prof. Dr. med. Michael Quintel**  
Göttingen, im September 2017

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>I</b>	<b>Fragen und Antworten</b>	
1	Allgemeines . . . . .	3
2	Atmung und Beatmung . . . . .	25
3	Infektiologie . . . . .	55
4	Blutprodukte und Volumenersatz . . . . .	77
5	Notfälle und Komplikationen . . . . .	87
6	Pharmakotherapie . . . . .	101
7	Herz und Kreislauf . . . . .	121
8	Magen-Darm-Trakt . . . . .	143
9	Organversagen und -transplantation . . . . .	149
10	Endokrines System . . . . .	157
11	Neurologische Störungen und irreversibler Ausfall der Hirnfunktion . . . . .	163
12	Fallorientierte Fragen . . . . .	177
<b>II</b>	<b>Wegweisende Studien in der Intensivmedizin</b>	
13	Klinische Studien . . . . .	187
	<b>Serviceteil</b> . . . . .	267
	Stichwortverzeichnis . . . . .	268

# Fragen und Antworten

## Kapitel 1

Allgemeines – 3

## Kapitel 2

Atmung und Beatmung – 25

## Kapitel 3

Infektiologie – 55

## Kapitel 4

Blutprodukte und Volumenersatz – 77

## Kapitel 5

Notfälle und Komplikationen – 87

## Kapitel 6

Pharmakotherapie – 101

## Kapitel 7

Herz und Kreislauf – 121

## Kapitel 8

Magen-Darm-Trakt – 143

## Kapitel 9

Organversagen und -transplantation – 149

## Kapitel 10

Endokrines System – 157

## Kapitel 11

Neurologische Störungen und irreversibler Ausfall  
der Hirnfunktion – 163

## Kapitel 12

Fallorientierte Fragen – 177

# Allgemeines

© Springer-Verlag GmbH Deutschland 2018

F. Kehl, S. Schulz-Stübner, *Intensivmedizin Fragen und Antworten*

[https://doi.org/10.1007/978-3-662-55970-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-662-55970-3_1)

## 1.1 Historie

---

### ? 1 Welche Aussagen zur Entwicklung der Intensivmedizin sind richtig?

- Im Jahre 1928, als Alexander Fleming das Penicillin entdeckte, waren die meisten Stämme von *Staphylococcus aureus* bereits resistent gegen die Substanz.
- Das Auftreten von Poliomyelitisepidemien in den 50er-Jahren des letzten Jahrhunderts führte zur raschen Entwicklung von Beatmungsgeräten.
- Die Erstbeschreibung des ARDS erfolgte 1967.
- Die kontinuierliche Hämofiltration war eine australische Erfindung.
- In der Schweiz gibt es den »Facharzt Intensivmedizin«.

### ✓ Antworten

- Falsch.** Damals waren Staphylokokken generell sensibel auf Penicillin. Die Entdeckung des Penicillins erfolgte, weil im Laborversuch die Staphylokokken um eine Penicillin produzierende Schimmelpilzkolonie herum nicht wachsen konnten. Durch den späteren allgemeinen Einsatz von Penicillin wurden die Staphylokokken resistent gegen Penicillin.
- Richtig.** Für die Poliomyelitisepidemie in Kopenhagen im Jahre 1952 standen anfangs nur eine einzige Eiserne Lunge und 6 Cuirass-Respiratoren zur Verfügung. Die gleichzeitige Beatmung von 40–70 Patienten mit Beatmungsbeutel übernahmen in dieser Zeit Medizinstudenten, die man im November 1952 durch Zahnmedizinstudenten ergänzte. Im Spätherbst 1952 kam ein volumenreguliertes maschinelles Beatmungsgerät zum Einsatz, das in Schweden von Carl-Gunnar Engström gebaut worden war. Da sich dieses Gerät in Kopenhagen bewährte, wurde die Herstellung solcher Engström-Respiratoren in Schweden vorangetrieben, sodass bei

der Polioepidemie in Stockholm im Herbst 1953 alle ateminsuffizienten Patienten bereits mit mechanischen Ventilatoren beatmet wurden. In Deutschland entwickelte das Dräger-Werk für solche Zwecke im Jahre 1953 den Poliomat.

- c. **Richtig.** Obwohl das akute Lungenversagen bereits schon lange vorher bekannt war, wurde das Krankheitsbild des »acute respiratory distress syndrome« (ARDS) erst 1967 im *Lancet* beschrieben. Die Gruppe um Ashbaugh und Petty aus Denver/Colorado berichtete damals über 12 ARDS-Patienten, von denen 5 überlebten. *Lancet* nahm den Artikel sofort zur Publikation an, nachdem andere Journale (*N Engl J Med*, *JAMA*, *Am J Surg*) ihn zuvor abgelehnt hatten.
- d. **Falsch.** Die kontinuierliche arteriovenöse Hämofiltration wurde von Peter Kramer aus Göttingen eingeführt. Die Erstbeschreibung erschien im Jahre 1977 in der »Klinischen Wochenschrift«.
- e. **Richtig.** Im Mai 2001 wurde durch die Ärztekammer der Foederatio Medicorum Helveticorum (FMH) der Facharzt Intensivmedizin eingeführt. Die Weiterbildung dauert 6 Jahre, davon sind 3 Jahre nicht fachspezifisch, die anderen 3 Jahre müssen fachspezifisch auf anerkannten Intensivstationen absolviert werden. Die Facharztprüfung besteht aus einem schriftlichen und einem mündlichen Examen.

## 1.2 Monitoring

---

### ? 2 Welche hämodynamischen Messwerte sind Normalwerte?

- a. Der systemische arterielle Mitteldruck beträgt rund 50–80 mmHg.
- b. Der pulmonalarterielle Mitteldruck beträgt 5–10 mmHg.
- c. Der sog. Wedgedruck ist 5–12 mmHg.
- d. Der periphere Gesamtwiderstand beträgt 1400–1800 dyn $\times$ s $\times$ cm<sup>-5</sup>.
- e. Der Herzindex beträgt 2,5–4,5 l/min/m<sup>2</sup>.

### ✓ Antworten

- a. **Falsch.** Der normale systemische arterielle Mitteldruck beträgt rund 80–100 mmHg. Unterhalb eines arteriellen Mitteldrucks von 70 mmHg ist die zerebrale und renale Autoregulation des Blutflusses beeinträchtigt.
- b. **Falsch.** Der normale pulmonalarterielle Mitteldruck liegt bei 10–20 mmHg.
- c. **Richtig.** Fehlinterpretationen des Wedgedrucks bzw. Beeinträchtigungen des Rückschlusses vom Wedgedruck auf den linksventrikulären enddiastolischen Füllungsdruck kommen vor bei Mitralstenose

oder -insuffizienz, hohem PEEP, Lage außerhalb der West-Zone III, Pneumonektomie und Aorteninsuffizienz.

- d. **Falsch.** Dies sind erhöhte Werte, normal sind  $900\text{--}1400\text{ dyn}\times\text{s}\times\text{cm}^{-5}$ . Der periphere Gesamtwiderstand und der Herzindex sind wichtige Größen zur Steuerung einer Katecholamintherapie.
- e. **Richtig.** Außerhalb der kardiochirurgischen Intensivmedizin wird die Messung des Herzzeitvolumens mittels Thermodilutionstechnik via Swan-Ganz-Katheter heute eher selten angewandt. In erster Linie werden semiinvasive Methoden, wie z. B. die Pulsokturanalyse (z. B. mit PiCCO<sup>®</sup>, LiDCO<sup>®</sup>, FlowTrac<sup>®</sup>), in der allgemeinen Intensivmedizin genutzt.

### ? 3 Welche Aussagen zum Monitoring sind richtig?

- a. Dem Prinzip der Pulsoxymetrie liegt das Lambert-Beer-Gesetz zugrunde.
- b. Eine Hyperbilirubinämie mit Bilirubinwerten  $>10\text{ mg/dl}$  verfälscht die pulsoxymetrisch gewonnenen Werte der Sauerstoffsättigung.
- c. Wenn man einen 20-jährigen gesunden Patienten mit 100 % Sauerstoff auf Meereshöhe beatmet, dann liegt der in der arteriellen Blutgasanalyse gemessene  $\text{pO}_2$ -Wert im Bereich von 760 mmHg.
- d. Einem arteriellen  $\text{pO}_2$ -Wert von 60 mmHg entspricht eine pulsoxymetrisch gemessene Sauerstoffsättigung von 90 %.
- e. Die normale pulsoxymetrisch gemessene Sauerstoffsättigung eines 20-jährigen gesunden Patienten liegt in der Hauptstadt Boliviens bei 90 %.

### ✓ Antworten

- a. **Richtig.** Dieses nach Johann Heinrich Lambert (1728–1777) und August Beer (1825–1863) benannte Gesetz erfasst mathematisch die Extinktion, im konkreten Fall die Lichtabsorption des Hämoglobins.
- b. **Falsch.** Eine Hyperbilirubinämie beeinflusst die pulsoxymetrisch gewonnenen Werte nicht, sodass keine falsch hohen oder falsch niedrigen Werte gemessen werden.
- c. **Falsch.** Der arterielle  $\text{pO}_2$ -Wert wird im Bereich von 660 mmHg liegen. Nach der Alveolargasgleichung müssen der  $\text{pCO}_2$ -Wert und der  $\text{pH}_2\text{O}$ -Wert (bei 37 °C) im Alveolarraum einbezogen werden. Gleichzeitig liegt auch beim Gesunden ein kleiner physiologischer Rechts-Links-Shunt vor.
- d. **Richtig.** Bei der Beziehung zwischen arteriellem Sauerstoffpartialdruck und Sauerstoffsättigung ist die sigmoidale Sauerstoffbindungskurve zu berücksichtigen. Im Normalfall ergibt sich

aus einem  $pO_2$ -Wert von 60 mmHg eine Sauerstoffsättigung von 90 %.

- e. **Richtig.** Mit zunehmender Höhe nehmen der Luftdruck und damit auch der Sauerstoffpartialdruck in der Umgebungsluft ab. La Paz liegt etwa in einer Höhe von 3600 m mit einem Luftdruck von 475 mmHg, der Flughafen in einer Höhe von 4058 m. Die Sauerstoffsättigung eines 20-jährigen gesunden Patienten beträgt in La Paz in 3600 m Höhe durchschnittlich 90 %, in Flughafenhöhe eher 88 %.

#### ? 4 Welche Aussagen zum Monitoring sind richtig?

- a. Die Messung des hämodynamischen Profils mittels PiCCO-Technik erfordert neben einem zentralvenösen auch einen arteriellen Katheter.
- b. Die zentralvenöse Sauerstoffsättigung ist ein Synonym für gemischtvenöse Sauerstoffsättigung.
- c. Wird ein dicklumiger Katheter mithilfe von Dilator- bzw. Introducertechniken über die linke V. jugularis interna eingeführt, so besteht die Gefahr einer Perforation der linken V. subclavia.
- d. Die a-Welle im Kurvenverlauf des zentralen Venendrucks entspricht der rechtsatrialen Kontraktion.
- e. Befindet sich in einer Spritze, mit der eine Blutgasanalyse abgenommen wird, zu viel Heparin, dann zeigt das Ergebnis fälschlicherweise eine Hyperkapnie an.

#### ✓ Antworten

- a. **Richtig.** Das PiCCO-System beruht auf der Methodik der transpulmonalen Thermodilution und der arteriellen Pulskonturanalyse. Hierzu sind die beiden genannten Katheter erforderlich.
- b. **Falsch.** Die zentralvenöse Sauerstoffsättigung spiegelt (bei einem Zugang über die V. jugularis, subclavia oder basilica) nur die Sättigung in der V. cava superior wider, während die gemischtvenöse Sättigung in der Pulmonalarterie gemessen wird und damit wesentlich mehr Komponenten erfasst. Trotzdem gilt die zentralvenöse Sauerstoffsättigung (Normwert 65–75 %) als guter Parameter, um den Zustand und den Verlauf von Intensivpatienten zu beurteilen.
- c. **Richtig.** Insbesondere bei tiefer Punktion und tiefem Vorschieben langer Dilatorsysteme kann links die rechtwinklig zur V. jugularis verlaufende V. subclavia perforiert werden. Es besteht die Gefahr einer mediastinalen Fehlplatzierung des Katheters bzw. eines Hämatothorax mit hämorrhagischem Schock. In seltenen Einzel-

fällen kann der Katheter jedoch auch in einer persistierenden linken oberen Hohlvene zu liegen kommen. Hieran sollte vor allem bei der Kanülierung zur extrakorporalen Membranoxygenierung (ECMO) gedacht werden.

- d. **Richtig.** Der Kurvenverlauf des zentralen Venendrucks lässt sich in 5 Wellen unterteilen (a, c, v und x, y). Die a-Welle entspricht der rechtsatrialen Kontraktion, sodass die a-Welle bei Vorhofflimmern fehlt.
- e. **Falsch.** Die Beimengung von zu viel Heparin ergibt fälschlicherweise eine Azidose mit einem deutlich erniedrigten  $p\text{CO}_2$ -Wert. In einem solchen Fall ist die Wiederholung der Blutgasanalyse indiziert.

### ? 5 Welche Aussagen zum Monitoring sind richtig?

- a. Mithilfe der transösophagealen Echokardiographie (TEE) lässt sich eine Endokarditis nur schwer erkennen.
- b. Liegt bei einem Intensivpatienten eine prolongierte, therapieresistente hämodynamische Instabilität vor, dann bietet die Diagnostik mittels transösophagealer Echokardiographie (TEE) große Vorteile.
- c. Bei der transösophagealen Echokardiographie (TEE) sind bisher keinerlei schwerwiegende Komplikationen des Verfahrens beschrieben worden.
- d. Die Lebervenenkatheterisierung mit Messung der lebervenen Sauerstoffsättigung hat sich in den letzten Jahren als Routineverfahren auf der Intensivstation etabliert.
- e. Die  $p\text{Hi}$ -Messung beruht auf dem Prinzip der Tonometrie.

### ✓ Antworten

- a. **Falsch.** Mithilfe der transösophagealen Echokardiographie kann man die Größe und die Ausdehnung endokarditischer Vegetationen exakt erfassen. Sie ist der transthorakalen Echokardiographie (TTE) bei dieser Indikationsstellung aufgrund des besseren Schallfensters überlegen.
- b. **Richtig.** Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in der Schnelligkeit, mit der konkrete Aussagen möglich sind. Innerhalb kürzester Zeit lässt sich die Diagnose einer Hypovolämie, eines Linksherzversagens, einer Myokardischämie, einer Lungenarterienembolie, einer Perikardtamponade oder einer Aortendissektion stellen. Allerdings ist das erforderliche Equipment nicht immer verfügbar und muss nach Gebrauch speziell aufbereitet werden. In Notfallsituationen erlaubt auch die transthorakale »Fokussierte Echokardiographische Evaluation bei Life Support« (FEEL) nach kurzer Einführung mit einer stei-

len Lernkurve eine orientierende Beurteilung der kardialen Funktion bzw. des Volumenstatus.

- c. **Falsch.** Durch das blinde Vorschieben der Sonde besteht die Gefahr einer Traumatisierung. Neben kleineren Läsionen im Oropharynx sind inzwischen auch schwerwiegende Ösophagusperforationen publiziert worden.
- d. **Falsch.** Die Lebervenenkatheterisierung hat sich bisher in der klinischen Routine nicht durchsetzen können.
- e. **Richtig.** Die Messung des intramukosalen pH-Wertes (pHi) im Magen oder Sigma beruht auf einer CO<sub>2</sub>-Akkumulation im Gewebe bei verminderter Perfusion. Mithilfe eines Tonometers kann der lokale pCO<sub>2</sub>-Wert erfasst und der pHi-Wert berechnet werden. Aufgrund technischer und methodischer Mängel hat die Messung des pHi in den letzten Jahren an Bedeutung verloren. Als neuere Alternative zum pHi wird die kontinuierliche intramukosale pCO<sub>2</sub>-Messung des Gastrointestinaltrakts angeboten.

### ? 6 Welche Aussagen zum laborchemischen Monitoring sind richtig?

- a. Point-of-care-Monitoring ist eine neue spezielle Technik zum Überwachen des Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma.
- b. Die Serumwerte der Enzyme GPT und GOT sind ein Maß für die Proteinsyntheseleistung der Leber.
- c. Beim Intensivpatienten ist die Messung des ionisierten Kalziums im Blut sinnvoller als die Bestimmung des Gesamtkalziums.
- d. Die ACT (»activated clotting time«) ist ein Gerinnungsparameter, dessen Normalwert bei 28–40 s liegt.
- e. D-Dimere spielen in der Diagnostik der Lungenembolie keine Rolle.

### ✓ Antworten

- a. **Falsch.** Point-of-care-Monitoring bedeutet die Diagnostik am Ort der Patientenbetreuung. Im engeren Sinne beinhaltet das Vorgehen die am Krankenbett durchführbare Blutanalyse, die nicht durch Laborpersonal vorgenommen wird, die innerhalb von 2 min verwertbare Ergebnisse liefert und die unmittelbare therapeutische Konsequenzen hat.
- b. **Falsch.** Erhöhte Werte der Enzyme GPT (Glutamat-Pyruvat-Transaminase [Alanin-Aminotransferase, ALT]) und GOT (Glutamat-Oxalacetat-Transaminase [Aspartat-Aminotransferase, AST]) korrelieren mit dem Schweregrad einer Leberzellschädigung. Ein Maß für die Syntheseleistung sind die Werte für Albumin, Cholinesterase und die meisten Gerinnungsfaktoren.

- c. **Richtig.** Das ionisierte Kalzium ist ein besserer Indikator des Kalziumstatus, da es die biologisch aktive Form ist. Das Gesamtkalzium ist einfacher zu bestimmen, während man für die Messung des ionisierten Kalziums ionenselektive Elektroden benötigt.
- d. **Falsch.** Die ACT («activated clotting time») ist ein brettseitiger Test, bei dem Nativblut in einem Testgefäß mit gereinigter Silikonerde vermischt wird. Die Gerinnungszeit wird automatisch in Sekunden gemessen, wobei der Normalwert im Bereich von 100–120 s liegt. Die ACT kann zur Überwachung der Heparinabgabe während kontinuierlicher Hämofiltration oder anderer extrakorporaler Verfahren eingesetzt werden.
- e. **Falsch.** D-Dimere sind quervernetzte Fibrinspaltprodukte. Sie sind keine spezifischen Thrombosemarker, ein Normalwert kann jedoch aufgrund einer sehr hohen negativen Prädiktivität zum Ausschluss einer tiefen Beinvenenthrombose oder einer Lungenembolie herangezogen werden.

### ? 7 Welche Aussagen zu Scoresystemen sind richtig?

- a. Scoresysteme in der Intensivmedizin schätzen die Prognose des individuellen Intensivpatienten ein.
- b. Neben allgemeinen Scores in der Intensivmedizin existieren auch Scores für spezielle Krankheitsbilder wie Sepsis, Lungenversagen oder akute Pankreatitis.
- c. Der APACHE-III-Score wird häufiger eingesetzt als der APACHE II.
- d. TISS dient primär der Einschätzung des Überwachungs- und Behandlungsaufwandes.
- e. SAPS II und MPM II sind gängige intensivmedizinische Scoresysteme.

### ✓ Antworten

- a. **Falsch.** Scoresysteme dienen nicht der Einschätzung der individuellen Prognose des einzelnen Patienten, sondern der Beurteilung der Prognose einer bestimmten Gruppe von Patienten. Vor einigen Jahren gab es hierzu eine auch in der Öffentlichkeit emotional geführte Diskussion, die sich auf das Programm »Riyadh« bezog. Man sprach vom »Todescomputer«, weil man davon ausging, dass mit diesem System über Tod und Leben des einzelnen Patienten entschieden werden sollte.
- b. **Richtig.** Für eine ganze Reihe von intensivmedizinischen Krankheitsbildern gibt es spezielle Scores. Der bekannteste Sepsisscore stammt von Elebute u. Stoner (1983), Murray et al. entwickelten einen Score für das Lungenversagen (1988), und Ranson et al. teilten die akute Pankreatitis nach Schweregraden ein (1974).

- c. **Falsch.** Da beim APACHE III (»acute physiology and chronic health evaluation«) die Formel zur Berechnung des Sterblichkeitsrisikos nur kommerziell erhältlich ist, ist die Verbreitung im Vergleich zum APACHE II eingeschränkt. Der APACHE II, der 1985 vorgestellt wurde, umfasst 12 physiologische Variablen, 5 chronische Vorerkrankungen und das Alter des Patienten. Die maximale Punktzahl liegt bei 71.
- d. **Richtig.** TISS (»therapeutic intervention scoring system«) stammt aus dem Jahre 1974 und erfasst 76 therapeutische Interventionen in der Intensivmedizin. Miranda et al. reduzierten TISS im Jahre 1996 auf eine kompaktere Version mit nur 28 Parametern. Im deutschen DRG-System ist seit 2005 die »intensivmedizinische Komplexbehandlung« abgebildet, wobei unter anderem täglich der Core-10-TISS erhoben wird, der die zehn aufwändigsten Parameter des TISS-28-Katalogs enthält.
- e. **Richtig.** SAPS II (»simplified acute physiology score«) und MPM II (»mortality predicting model«) zählen zu den üblichen krankheitsübergreifenden intensivmedizinischen Scoresystemen. Bei der Erfassung der »intensivmedizinischen Komplexbehandlung« im deutschen DRG-System muss neben dem Core-10-TISS täglich auch der SAPS II ermittelt werden.

### 1.3 Ernährung des Intensivpatienten

---

#### **?** 8 Welche Aussagen zur Ernährung des Intensivpatienten sind richtig?

- a. Die Berechnung des Grundumsatzes nach Harris und Benedict erfolgt für beide Geschlechter mit einer unterschiedlichen Formel.
- b. Um den aktuellen Energiebedarf des Intensivpatienten zu berechnen, muss man den Grundumsatz mit verschiedenen Faktoren multiplizieren.
- c. Der aktuelle Energiebedarf eines Intensivpatienten lässt sich mithilfe der indirekten Kalorimetrie bestimmen.
- d. Es gibt kein routinemäßig einsetzbares Verfahren, mit dessen Hilfe man die vorwiegende Nährstoffverwertung eines Intensivpatienten wie z. B. Lipolyse oder Lipogenese ermitteln könnte.
- e. Nach einem Trauma oder einer Sepsis tritt beim Intensivpatienten eine ausgeprägte Katabolie auf.

### ✓ Antworten

- a. **Richtig.** Der Grundumsatz ist nicht nur von Größe, Gewicht und Alter, sondern auch vom Geschlecht des Patienten abhängig. Er wird nach Harris und Benedict separat für Frauen und Männer berechnet. Für Frauen beträgt die Formel [kcal]:  $655,1 + (9,56 \times \text{Gewicht [kg]}) + (1,85 \times \text{Größe [cm]}) - (4,68 \times \text{Alter [Jahre]})$ ; für Männer:  $66,47 + (13,75 \times \text{Gewicht [kg]}) + (5 \times \text{Größe [cm]}) - (6,76 \times \text{Alter [Jahre]})$ .
- b. **Richtig.** Für die Berechnung des aktuellen Energiebedarfes muss der Grundumsatz mit Faktoren wie dem Aktivitätsfaktor, dem Thermalfaktor bei Fieber und dem Traumafaktor multipliziert werden.
- c. **Richtig.** Der tatsächliche aktuelle Energiebedarf lässt sich sowohl beim beatmeten als auch beim spontan atmenden Patienten mit der indirekten Kalorimetrie erfassen. Diese ist allerdings relativ teuer und personalintensiv.
- d. **Falsch.** Mithilfe der indirekten Kalorimetrie erfasst man neben dem Energiebedarf auch den respiratorischen Quotienten, der bei einem Wert von 1 eine reine Kohlenhydratverwertung reflektiert, Werte  $<0,7$  sprechen für eine Ketonkörperverwertung und Werte  $>1,0$  für eine Lipogenese.
- e. **Richtig.** Trauma und Sepsis führen zu einem Überwiegen des Proteinabbaus im Vergleich zur Synthese. Es kommt zu Proteinverlusten, wobei die Muskulatur das größte Proteinreservoir darstellt. Klinisch ist damit eine Abnahme der Muskelmasse zu beobachten.

### ? 9 Welche Aussagen zur Ernährung des Intensivpatienten sind richtig?

- a. Die Gabe von Wachstumshormon beim katabolen Intensivpatienten verbessert das Outcome.
- b. Die Ernährung des Intensivpatienten sollte erst spät mit enteraler Nahrungszufuhr beginnen, damit der Reflux über die Magensonde minimal bleibt.
- c. Bei der Gabe von Sondenkost über duodenale bzw. jejunale Sonden ist die Bolusapplikation sinnvoller als die kontinuierliche Gabe.
- d. Die heute auf Intensivstationen üblichen Magensonden bestehen in der Regel aus Polyvinylchlorid (PVC).
- e. Eine mögliche Fehllage beim Legen einer transnasalen Magensonde ist die intrakranielle Positionierung.

## ✓ Antworten

- a. **Falsch.** Es gibt Daten, die das Gegenteil belegen. Besonders die hoch dosierte Gabe von rekombinantem Wachstumshormon erhöht beim Intensivpatienten nicht nur die Morbidität, sondern auch die Mortalität.
- b. **Falsch.** Moderne Konzepte sehen den frühestmöglichen Beginn der enteralen Nahrungszufuhr beim Intensivpatienten vor. Dieser frühe enterale Beginn verbessert die intestinale Integrität, reduziert die Häufigkeit septischer Komplikationen und vermindert die Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation.
- c. **Falsch.** Bei Duodenal- bzw. Jejunalsonden ist nur die kontinuierliche Gabe sinnvoll, während die Sondenkost über Magensonden auch bolusweise bis zu 8-mal 300 ml pro Tag verabreicht werden kann. Bei hohem Reflux im Rahmen der Ernährung über eine Magensonde sollte auf eine Duodenal- oder Jejunalsonde umgestellt werden, insbesondere wenn eine Therapie mit prokinetischen Substanzen nicht erfolgreich ist.
- d. **Falsch.** Sonden aus PVC werden durch den Verlust der Weichmacher bereits nach 24 h Liegedauer relativ hart und führen zur Ausbildung von Druckulcera. In der Regel kommen heute Sonden aus Polyurethan zum Einsatz.
- e. **Richtig.** Es gibt eine ganze Reihe von Einzelfallberichten über die intrakranielle Lage von »Magensonden«. Insbesondere bei Mittelgesichtsfrakturen kann das transnasale Vorschieben zur intrakraniellen Positionierung führen. Somit ist die transnasale Anlage einer Magensonde bei Mittelgesichtsfrakturen kontraindiziert.

## ? 10 Welche Aussagen zur Ernährung des Intensivpatienten sind richtig?

- a. Bei Patienten mit hereditärer Fruktoseintoleranz kann die Infusion von fruktosehaltigen Lösungen zu schweren Leber- und Nierenschäden führen.
- b. Als Kohlenhydrate zur parenteralen Ernährung des Intensivpatienten kommen nur Glukose und Xylit in Frage.
- c. Glukose liefert als parenterales Nährstoffsubstrat den höchsten Energiewert pro Gramm Substrat.
- d. Eine hohe Zufuhr von Glukose erhöht die Atemarbeit beim spontan atmenden Patienten.
- e. Bei hoher Glukosezufuhr über längere Zeit kann eine Steatosis hepatis entstehen.

**✓ Antworten**

- a. **Richtig.** Die Infusion von Fruktose und Sorbit kann bei Patienten mit hereditärer Fruktoseintoleranz zu Hypoglykämie und zu Leber- und Nierenversagen mit tödlichem Ausgang führen. Somit sollten Zuckeraustauschstoffe wie Fruktose und Sorbit nicht eingesetzt werden.
- b. **Richtig.** Neben der Glukose, die von allen Zellen metabolisiert werden kann, spielt Xylit die zweite Rolle. Vorteil von Xylit ist der initial insulinunabhängige Metabolismus.
- c. **Falsch.** Der Energiewert von monohydrierter Glukose liegt bei 3,4 kcal/g.  
Für Aminosäuren beträgt dieser Wert 4 kcal/g. Den höchsten Energiewert besitzen Fette mit 9,1 kcal/g.
- d. **Richtig.** Da Glukose zu  $\text{CO}_2$  abgebaut wird, kommt es bei hoher Glukosezufuhr zu einem vermehrten Anfall an  $\text{CO}_2$ . Dies erhöht die Atemarbeit und kann beim respiratorisch beeinträchtigten Patienten zur Dekompensation führen. Wichtig ist die Reduktion der Glukosezufuhr aus diesem Grund auch bei der Entwöhnung nach Langzeitbeatmung (insbesondere bei pulmonal vorgeschädigten Patienten).
- e. **Richtig.** Eine hohe Glukosezufuhr hat eine ganze Reihe von Nachteilen. Neben osmotischer Diurese, Wundheilungsstörungen, erhöhter Infektionsrate und Hypophosphatämie besteht die Gefahr der Leberverfettung, der Steatosis hepatis.

**? 11 Welche Aussagen zur Ernährung des Intensivpatienten sind richtig?**

- a. Die Gabe von Xylit kann Oxalatablagerungen in verschiedenen Organen bewirken.
- b. Die konsequente Einstellung des Blutzuckers auf Werte von 80–150 mg/dl beim operativen Intensivpatienten senkt die Morbidität und Mortalität.
- c. Vitamine und Spurenelemente müssen bei der parenteralen Ernährung nicht separat substituiert werden, da sie bereits in allen handelsüblichen Kohlenhydrat- und Aminosäurenlösungen in ausreichender Menge vorhanden sind.
- d. Beim Intensivpatienten mit Wundheilungsstörungen sollte der Zinkspiegel im oberen Normbereich liegen.
- e. Unter der parenteralen Gabe von Fettlösungen ist die Kontrolle der Serumtriglyzeridspiegel nicht sinnvoll.

## ✓ Antworten

- a. **Richtig.** Xylit, das immer zusammen mit Glukose gegeben werden sollte, kann im Einzelfall zu Oxalatablagerungen in Leber, Niere und Zentralnervensystem führen.
- b. **Richtig.** Die belgische Studie von Greet van den Berghe aus dem Jahre 2001 an 1548 operativen Intensivpatienten ergab, dass die konsequente intensivierete Insulintherapie mit Normalisierung der Blutzuckerwerte (80–115 mg/dl) mit einer Senkung der Morbidität und Mortalität vergesellschaftet war. In der Nachfolgestudie aus dem Jahre 2006, die internistische Intensivpatienten einschloss, bewirkte die intensivierete Insulintherapie keine Reduktion der Letalität. Lediglich bei Patienten, deren Intensivstationsaufenthalt >3 Tage betrug, war eine Senkung der Sterblichkeit in der Therapiegruppe zu erkennen. Aktuell werden obere Grenzwerte von 150 mg/dl bis maximal 180 mg/dl empfohlen. Wichtig in diesem Zusammenhang ist die Verwendung geeigneter und regelmäßig überprüfter Point-of-care-Systeme zur Blutzuckermessung, um Hypoglykämien zu vermeiden.
- c. **Falsch.** Bei parenteraler Ernährung müssen sowohl Vitamine als auch Spurenelemente in ausreichender Dosis separat supplementiert werden. Allerdings sind inzwischen auch Beutelsysteme auf dem Markt, die alle Komponenten einschließlich Vitaminen und Spurenelementen enthalten.
- d. **Richtig.** Das Spurenelement Zink spielt eine wichtige Rolle bei der Wundheilung. Da niedrige Zinkspiegel mit Wundheilungsstörungen vergesellschaftet sind, erscheint es sinnvoll, bei speziellen Patienten den oberen Bereich des Normwertes anzustreben.
- e. **Falsch.** Die regelmäßige Kontrolle der Serumtriglyzeridspiegel ist unter Fettgabe sinnvoll, da beim Erreichen hoher Werte eine Dosisreduktion der exogen zugeführten Fette indiziert ist.

## ? 12 Welche Aussagen zur Ernährung des Intensivpatienten sind richtig?

- a. Die Gabe bestimmter Fettlösungen beim Intensivpatienten kann auch zur Immunmodulation eingesetzt werden.
- b. Fettlösungen haben eine geringe Osmolalität und können deswegen problemlos periphervenös gegeben werden.
- c. Beim Langzeitintensivpatienten ist bei der Fettgabe die alleinige Verabreichung von mittelkettigen Fettsäuren (MCT, »mediumchain triglycerides«) sinnvoll, da sie carnitinunabhängig metabolisiert werden.

- d. Fettlösungen sollten beim Intensivpatienten jeweils über die Dauer von 3 h verabreicht werden.
- e. Die parenterale Fettgabe ist bei akuter Pankreatitis kontraindiziert.

✓ **Antworten**

- a. **Richtig.** In der Regel haben Fettlösungen eine energetische Funktion. Bestimmte Fettsäuren üben auch nichtenergetische Funktionen aus: Omega-3-Fettsäuren z. B. können beim Intensivpatienten zur Immunmodulation appliziert werden.
- b. **Richtig.** Fettlösungen können aufgrund der Osmolalität von 280–355 mosmol/kg problemlos periphervenös verabreicht werden.
- c. **Falsch.** Mittelkettige Fettsäuren werden im Gegensatz zu langkettigen Fettsäuren (LCT, »long-chain triglycerides«) zwar carnitinunabhängig verstoffwechselt; sie enthalten jedoch keine essenziellen Fettsäuren, die für Langzeitpatienten wichtig sind. Zu diesen essenziellen Fettsäuren zählen die Linol- und die  $\alpha$ -Linolensäure.
- d. **Falsch.** Eine zu rasche hohe Fettzufuhr kann zu Oxygenierungsstörungen, zu Leberfunktionsstörungen und auch zu Gerinnungsstörungen führen. Fettlösungen werden beim Intensivpatienten daher über 24 h kontinuierlich appliziert.
- e. **Falsch.** Für eine niedrig dosierte Fettgabe im Dosisbereich von 0,5–1,0 g/kg/Tag stellt die akute Pankreatitis keine Kontraindikation dar.

? **13 Welche Aussagen zur Ernährung des Intensivpatienten sind richtig?**

- a. Eine hohe Zufuhr von Aminosäuren steigert den Serumharnstoffwert.
- b. Bei Leber- bzw. Nierenfunktionsstörungen können speziell adaptierte Aminosäurenlösungen zur Anwendung kommen.
- c. Bei Einsatz der kontinuierlichen venovenösen Hämofiltration kommt es zu Aminosäurenverlusten durch das extrakorporale System.
- d. Die Aminosäure Glutamin spielt in der Ernährung des Intensivpatienten keine nennenswerte Rolle.
- e. Arginin ist ein Bestandteil im Konzept der Immunnutrition.

✓ **Antworten**

- a. **Richtig.** Die hohe Zufuhr von Aminosäuren führt zu einem Anstieg der Harnstoffproduktion, was eine Erhöhung des Serumharnstoffwertes bewirkt.

- b. **Richtig.** Bei Leber- und Nierenfunktionsstörungen sollen spezielle »Leber-« und »Nierenlösungen« Vorteile bringen. In diesen speziellen Lösungen ist der Anteil der verzweigt-kettigen und der aromatischen Aminosäuren verändert.
- c. **Richtig.** Insbesondere bei kontinuierlichen Nierenersatzverfahren treten signifikante Aminosäureverluste auf. Die Menge der Verluste ist dabei abhängig vom Filtrationsvolumen.
- d. **Falsch.** Glutamin spielt insbesondere im Konzept der Immunnutrition des Intensivpatienten eine große Rolle. Die Substitution von Glutamin soll die Zottenintegrität im Darm optimieren und die intestinale Barrierefunktion aufrechterhalten. Insbesondere die hochdosierte parenterale Glutaminsubstitution soll beim Intensivpatienten die Komplikationsrate und die Letalität reduzieren, allerdings bleibt die Studienlage hierzu uneinheitlich.
- e. **Richtig.** Auch die Zugabe der Aminosäure Arginin soll beim Intensivpatienten immunmodulierend wirken. Aus Arginin wird unter Entstehung von Citrullin NO generiert. Inwieweit eine exogene Argininzufuhr beim septischen Patienten die NO-Produktion steigert und damit die Vasodilatation verstärkt, ist bisher unklar. Es gibt Hinweise, dass Arginin enthaltende immunnutritive Lösungen die Letalität bei Sepsis erhöhen (z. B. Bertolini G et al. in: *Intensive Care Medicine* 2003; 29: 834–840).

## 1.4 Wasser-Elektrolyt- und Säure-Basen-Haushalt

---

### ? 14 Welche Aussagen zum Wasser-Elektrolyt-Haushalt sind richtig?

- a. Die Serumosmolalität beträgt normalerweise 220 mosmol/kg.
- b. Beim Syndrom der inadäquaten Sekretion von antidiuretischem Hormon (SIADH) liegt eine hypertone Hybernatriämie vor.
- c. Der Serumkaliumspiegel ist repräsentativ für die intrazelluläre Kaliumkonzentration.
- d. Bei einer Hyperkaliämie >6,5 mmol/l ist primär die Gabe von Austauschharzen wie z. B. Natriumpolystyrenulfonat indiziert.
- e. Die Gabe einer Substanz mit  $\beta_2$ -adrenerger Wirkung senkt akut den Serumkaliumspiegel.

### ✓ Antworten

- a. **Falsch.** Die normale Serumosmolalität liegt im Bereich von 290 mosmol/kg. Die Serumosmolalität wird im Wesentlichen durch  $\text{Na}^+$ , Glukose und Harnstoff bestimmt.

- b. **Falsch.** Beim SIADH (Schwartz-Bartter-Syndrom) liegen bei erhöhter ADH-Sekretion eine isovolämische Hyponatriämie und eine verminderte Serumosmolalität vor. Trotz der Hyponatriämie sind die Natriumkonzentration im Urin und die Urinosmolalität erhöht.
- c. **Falsch.** Die intrazelluläre Kaliumkonzentration ist wesentlich höher als die extrazelluläre, sodass eine asymmetrische Verteilung vorliegt. Der Gradient wird durch die Aktivität der  $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPase}$  aufrechterhalten.
- d. **Falsch.** Bei einer derart ausgeprägten Hyperkaliämie, die jederzeit symptomatisch werden kann, müssen Kalziumchlorid bzw. -glukonat, 20 %ige NaCl-Lösung oder Natriumbikarbonat sofort therapeutisch verfügbar sein. Da Austauschharze nur verzögert den Serumkaliumspiegel senken, sollte im vorliegenden Fall mit einer Glukose-Insulin-Gabe begonnen werden.
- e. **Richtig.** Die Gabe von  $\beta_2$ -Agonisten wie z. B. Salbutamol ist effektiv in der Akutbehandlung der Hyperkaliämie. Auch die Gabe von Adrenalin senkt über den  $\beta_2$ -Rezeptor-Effekt den Serumkaliumspiegel.

**? 15 Welche Aussagen zur Analyse arterieller Blutgase sind richtig?**

- a. Eine Azidose liegt vor, wenn der  $\text{pCO}_2$  über 55 mmHg liegt.
- b. Eine Alkalose liegt vor, wenn der pH-Wert über 7,42 liegt.
- c. Das wichtigste Puffersystem im Blut ist das Hydrogenphosphat-Dehydrogenphosphat-System.
- d. Der Anstieg des pH-Wertes um 0,1 vergrößert die Wasserstoffionenkonzentration um ca. 20 %.
- e. Der alveoloarterielle Sauerstoffgradient ist nützlich, um eine pulmonale von einer extrapulmonalen Störung zu unterscheiden.

**✓ Antworten**

- a. **Falsch.** Ein erhöhter Partialdruck des Kohlendioxids führt zu einer Azidose, wenn diese nicht metabolisch kompensiert wird. Eine Azidose liegt vor, wenn der pH unter 7,38 liegt. Im vorliegenden Fall handelt es sich um eine Hyperkarbie bzw. Hyperkapnie.
- b. **Richtig.** Eine Alkalose liegt vor, wenn der pH-Wert über 7,42 liegt. Generell gilt, dass die Spannbreite der mit dem Leben vereinbaren Abweichungen des pH-Wertes bei 6,9–7,9 liegt.
- c. **Falsch.** Das wichtigste Puffersystem ist das Kohlensäure-Hydrogenkarbonat-System. Dieses System kann durch die Lunge ( $\text{CO}_2$ ) und die Niere ( $\text{HCO}_3^-$ ) geregelt werden. Daneben spielen noch Puffer im Blut eine untergeordnete Rolle.

- d. **Falsch.** Ein Anstieg des pH-Wertes vermindert die Wasserstoffionenkonzentration. Bei einem pH-Wert von 7,4 liegen 40 mmol/l  $H^+$ -Ionen vor. Einem pH-Wert von 7,5 entsprechen 30 mmol/l, und bei pH 7,6 sind dies 24 mmol/l. Somit spiegelt die Zunahme des pH-Wertes um 0,1 eine Reduktion der Wasserstoffionenkonzentration um ca. 20 % wider.
- e. **Richtig.** Der alveoloarterielle Sauerstoffgradient ist die Differenz aus dem errechneten Sauerstoffpartialdruck des Alveolargases und dem gemessenen arteriellen  $pO_2$ . Er ist erhöht bei einem Ventilations-Perfusions-Missverhältnis der Lunge und zeigt damit eine pulmonale Störung an. Bei einer Lungenembolie oder Aspiration ist der Gradient erhöht, bei einer Hypoventilation hingegen ist er normal.

**? 16 Welche Aussagen zum Säure-Basen-Haushalt sind richtig?**

- a. Folgende Werte sprechen für eine respiratorische Azidose: pH 7,28,  $pCO_2$  60 mmHg,  $HCO_3^-$  27 mmol/l.
- b. Folgende Werte sprechen für eine metabolische Alkalose: pH 7,56,  $pCO_2$  55 mmHg,  $HCO_3^-$  45 mmol/l.
- c. Die Korrektur einer metabolischen Azidose ist in der Regel erst unterhalb eines pH-Wertes von 7,2 erforderlich.
- d. Bei der Zufuhr von bikarbonathaltigen Pufferlösungen entsteht  $CO_2$ .
- e. Eine metabolische Alkalose kann mit Argininhydrochlorid gepuffert werden.

**✓ Antworten**

- a. **Richtig.** Hierbei handelt es sich um eine akute respiratorische Azidose, wobei noch keine nennenswerte kompensatorische Erhöhung des Bikarbonats vorhanden ist.
- b. **Richtig.** Diese Laborkonstellation spricht für eine rein metabolische Alkalose. Die häufigste Ursache einer metabolischen Alkalose ist eine Diuretikatherapie, wobei die Therapie in der Gabe von NaCl-Lösung besteht. Störungen, die durch Erbrechen oder Verluste über Magensonden entstehen, weisen meistens einen Urinchloridwert unter 15 mmol/l auf und sprechen auf die Gabe von Chlorid gut an.
- c. **Richtig.** Im Vordergrund steht, wann immer möglich, die Therapie der auslösenden Ursache. Erst in zweiter Linie wird man bei Unterschreiten der pH-Grenze von 7,2 die verschiedenen Pufferlösungen einsetzen.
- d. **Richtig.** Bei der Pufferung einer Azidose mit Natriumbikarbonat entsteht  $CO_2$ , das über die Lungen eliminiert werden muss. Besteht

eine Erhöhung des  $p\text{CO}_2$ , kann es daher zu einer paradoxen Verstärkung der Azidose kommen, wenn die Elimination von  $\text{CO}_2$  nicht gewährleistet ist. Zudem besteht die Gefahr einer Hypernatriämie. In dieser Situation kann mithilfe von Trometamol (Trispuffer, THAM) gepuffert werden.

- e. **Richtig.** Argininhydrochlorid oder Salzsäure können zur Therapie verwendet werden.

## 1.5 Nierenersatzverfahren

---

### ? 17 Welche Aussagen zur Hämodialyse bzw. Hämofiltration sind richtig?

- a. Bei der Hämodialyse erfolgt die Clearance von Stoffen durch Konvektion, bei der Hämofiltration durch Diffusion.
- b. Bei der Hämodialyse werden Moleküle bis zu einer Größe von 30.000 Dalton ausgeschieden, während unter Hämofiltration nur Moleküle bis 1000 Dalton eliminiert werden.
- c. Bei einer lebensbedrohlichen Hyperkaliämie ist die kontinuierliche venovenöse Hämofiltration der Hämodialyse vorzuziehen.
- d. Im Allgemeinen sind beim Intensivpatienten kontinuierliche Nierenersatzverfahren den intermittierenden Verfahren vorzuziehen.
- e. Zur kontinuierlichen arteriovenösen Hämofiltration ist der Einsatz einer Rollerpumpe erforderlich.

### ✓ Antworten

- a. **Falsch.** Bei der Hämodialyse werden die Stoffe mittels Diffusion durch eine semipermeable Membran ausgeschieden, während bei der Hämofiltration das Prinzip der Konvektion vorherrscht.
- b. **Falsch.** Unter Hämodialyse werden kleinmolekulare Substanzen bis 1000 Dalton eliminiert. Unter Hämofiltration werden auch größere Moleküle ausgeschieden, wobei die Ausscheidung kleinerer Moleküle wie Harnstoff weniger stark ausgeprägt ist als unter Hämodialyse.
- c. **Falsch.** Die Ausscheidung von dialysablen, kleinmolekularen Substanzen ist unter Hämodialyse wesentlich effektiver als unter Hämofiltration.
- d. **Richtig.** Im Gegensatz zu intermittierenden Verfahren wie der Hämodialyse weisen Patienten unter kontinuierlichen Verfahren eine größere hämodynamische Stabilität auf. Somit ziehen viele Intensivmediziner mittlerweile die kontinuierlichen Verfahren vor. Für spezielle Indikationen gehört die intermittierende Dialyse

jedoch weiterhin zum Repertoire des Intensivmediziners. Als Zwischenvariante hat sich die »sustained low efficiency dialysis« (SLED) etabliert, die zwischen 8 und 12 h dauert.

- e. **Falsch.** Der Blutfluss durch den Filter erfolgt bei der arteriovenösen Hämofiltration spontan aufgrund des Druckgefälles zwischen Arterie und Vene. Somit ist keine Rollerpumpe erforderlich. Dieses Verfahren wurde heute weitgehend durch venovenöse Techniken abgelöst, die den Einsatz einer Rollerpumpe erfordern.

### ? 18 Welche Aussagen zur Hämofiltration sind richtig?

- a. Patienten mit kontinuierlicher venovenöser Hämofiltration müssen auf jeden Fall Antikoagulanzen erhalten.
- b. Die am häufigsten zur Antikoagulation eingesetzte Substanz ist unfraktioniertes Heparin.
- c. Bei Einsatz von unfraktioniertem Heparin sollte unter kontinuierlicher venovenöser Hämofiltration eine Verlängerung der aPTT oder der ACT um 50–100 % angestrebt werden.
- d. Die Dosierung von niedermolekularen Heparinen zur Antikoagulation unter kontinuierlicher venovenöser Hämofiltration ist schwieriger als die Dosierung von unfraktioniertem Heparin.
- e. Prostaglandine können nicht zur Verlängerung der Filterlaufzeit eingesetzt werden.

### ✓ Antworten

- a. **Falsch.** In aller Regel werden Patienten unter kontinuierlicher venovenöser Hämofiltration Antikoagulanzen erhalten. In Einzelfällen, insbesondere bei manifester Blutung oder unmittelbar nach größeren Operationen, kann initial auf eine Antikoagulation verzichtet werden. Hierbei ist allerdings auf die Filterthrombosierung zu achten.
- b. **Richtig.** Unfraktioniertes Heparin besitzt den Vorteil, dass große Erfahrung damit vorliegt. Es besitzt eine kurze biologische Halbwertszeit, es gibt einen wirksamen Inhibitor, und man kann die Effekte der Substanz mit gängigen Laborparametern erfassen.
- c. **Richtig.** Es sollte eine entsprechende Verlängerung der aPTT (aktivierte partielle Thromboplastinzeit) bzw. ACT (»activated clotting time«) erreicht werden, um eine frühzeitige Filterthrombosierung zu vermeiden.
- d. **Richtig.** Niedermolekulare Heparine können bei Patienten mit Nierenversagen akkumulieren. Weiterhin ist die Dosis für jedes niedermolekulare Heparin unterschiedlich. Somit wird in der Regel ein Monitoring der Anti-Faktor-Xa-Aktivität gefordert. Allerdings

konnten einzelne Autoren keine Korrelation zwischen der Anti-Faktor-Xa-Aktivität und der Filterlaufzeit finden.

- e. **Falsch.** Bei kontinuierlicher Gabe von Prostazyklin kann dessen plättchenhemmender Effekt zur Verlängerung der Filterlaufzeit eingesetzt werden. Nachteile des Einsatzes von Prostazyklin sind eine systemische Hypotension und die hohen Kosten.

### ? 19 Welche Aussagen zur Dialyse bzw. Hämofiltration sind richtig?

- a. Zitrat kann ebenfalls zur Antikoagulation unter kontinuierlicher venovenöser Hämofiltration zum Einsatz kommen.
- b. Wird ein Patient mit heparininduzierter Thrombozytopenie Typ II kontinuierlich hämofiltriert, sollte auf eine Antikoagulation verzichtet werden.
- c. Bei der Peritonealdialyse ist ebenfalls eine Antikoagulation erforderlich.
- d. Die Peritonealdialyse wird beim Intensivpatienten heute nicht mehr eingesetzt.
- e. Eine kontinuierliche venovenöse Hämofiltration kann beim Intensivpatienten höchstens 4 Wochen lang durchgeführt werden.

### ✓ Antworten

- a. **Richtig.** Zitrat wird in vielen Kliniken routinemäßig zur Antikoagulation eingesetzt, wobei ACT-Werte von 200–250 s angestrebt werden. Zu berücksichtigen ist, dass aus 1 Mol Zitrat in der Leber 3 Mol Bikarbonat entstehen.
- b. **Falsch.** Patienten mit heparininduzierter Thrombozytopenie Typ II neigen zur schnellen Thrombosierung des Filters, sodass eine suffiziente Antikoagulation sinnvoll ist. Hierzu stehen Danaparoidnatrium, Lepirudin, Argatroban oder auch Zitrat zur Verfügung.
- c. **Falsch.** Bei der Peritonealdialyse ist keine Antikoagulation erforderlich, da keine Filter eingesetzt werden. Eine Filterthrombosierung muss somit nicht verhindert werden.
- d. **Falsch.** Bei Kindern mit Nierenversagen auf der Intensivstation wird die Peritonealdialyse auch heute noch oft eingesetzt.
- e. **Falsch.** Die Dauer einer kontinuierlichen venovenösen Hämofiltration ist zeitlich nicht begrenzt.