

Kehl
Schulz-Stübner

Intensivmedizin Fragen und Antworten

4. Auflage

850 Fakten
für die Prüfung
Intensivmedizin

 Springer

Intensivmedizin Fragen und Antworten

Franz Kehl
Sebastian Schulz-Stübner

Intensivmedizin Fragen und Antworten

850 Fakten für die Prüfung
Intensivmedizin

4., aktualisierte Auflage

 Springer

Prof. Dr. Franz Kehl
Klinik für Anästhesiologie
und Intensivmedizin
Städtisches Klinikum Karlsruhe
Moltkestraße 90
76133 Karlsruhe

PD Dr. Sebastian Schulz-Stübner
Deutsches Beratungszentrum
für Hygiene (BZH GmbH)
Schnewlinstraße 10
79098 Freiburg

ISBN-13 978-3-642-37606-1 ISBN 978-3-642-37607-8 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-642-37607-8

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

Springer Medizin

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2004, 2006, 2011, 2014

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

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

Planung: Ulrike Hartmann, Heidelberg
Projektmanagement: Ute Meyer, Heidelberg
Lektorat: Frauke Bahle, Merzhausen
Projektkoordination: Eva Schoeler, Heidelberg
Umschlaggestaltung: deblik Berlin
Fotonachweis Umschlag: © deblik Berlin
Satz: Fotosatz-Service Köhler GmbH – Reinhold Schöberl, Würzburg

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Medizin ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer.com

Geleitwort zur 4. 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 eine 4. Auflage der kommentierten Fragen- und Antwortensammlung von Kehl und Böhrer aus dem Jahr 2004 zum Thema Intensivmedizin vorgelegt, die die Wissensvermittlung und -überprüfung miteinander verknüpft und auf Grund der getroffenen Themenauswahl auch die angesprochene Gewichtung vornimmt. In einer gut verständlichen Frage-Antwort-Form werden wichtige intensivmedizinische Themen dargestellt. 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 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 Auffrischung des Wissens im Sinne einer »continuous medical education«.

Das Geleitwort zur 1. Auflage endete mit den nachfolgenden 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 der für ein derartiges Fachbuch zwingenden Forderung nach regelmäßiger Aktualisierung nachgekommen. Es bleibt damit auch im Zeitalter von ebooks und elearning ein aktualisierter »Klassiker«, der es wert ist, in die Hand genommen und bearbeitet zu werden. 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 Juni 2013

Inhaltsverzeichnis

I	Fragen und Antworten	
1	Allgemeines	3
1.1	Historie	3
1.2	Monitoring	4
1.3	Ernährung des Intensivpatienten	10
1.4	Wasser-Elektrolyt- und Säure-Basen-Haushalt	15
1.5	Nierenersatzverfahren	18
2	Atmung und Beatmung	23
2.1	Bronchoskopie	23
2.2	Ateminsuffizienz	25
2.3	Intubation und Tracheotomie	26
2.4	ARDS	30
2.5	Beatmung	35
2.6	Entwöhnung vom Respirator	41
2.7	Sauerstofftherapie	44
2.8	Akute Atemnot	45
2.9	Inhalative Vasodilatoren	46
3	Infektiologie	51
3.1	Antibiotika	51
3.2	Infektiologie	54
3.3	Antimykotika	59
3.4	Sepsis	61
3.5	Pneumonie	67
4	Blutprodukte und Volumenersatz	71
4.1	Gerinnung	71
4.2	Transfusion von Blut und Blutkomponenten	73
4.3	Volumenersatzmittel	77
5	Notfälle und Komplikationen	81
5.1	Reanimation	81
5.2	Lungenembolie	84
5.3	Notfallmedizin	85
5.4	Schwangerschaftskomplikationen	90

6	Pharmakotherapie	93
6.1	Katecholamine	93
6.2	Phosphodiesterase-III-Hemmer	95
6.3	Vasoaktive Substanzen	96
6.4	Antiarrhythmika	99
6.5	Allgemeines	105
7	Herz und Kreislauf	111
7.1	Kardiale Pathophysiologie	111
7.2	Herzrhythmusstörungen	113
7.3	Kardioversion	114
7.4	Myokardinfarkt und -ischämien	115
7.5	Akutes Koronarsyndrom	119
7.6	Herzchirurgische Intensivmedizin	124
7.7	Thoraxdrainage und ZVK	128
7.8	Swan-Ganz-Katheter	129
8	Magen-Darm-Trakt	133
8.1	Pankreatitis	133
8.2	Gastrointestinale Probleme	135
9	Organversagen und -transplantation	139
9.1	Leberversagen	139
9.2	Nierenversagen	140
9.3	Multiorganversagen	143
9.4	Organtransplantation	144
10	Endokrines System	147
10.1	Diabetes mellitus	147
10.2	Schilddrüse	149
10.3	Nebenniere	150
11	Neurologische Störungen und Hirntod	153
11.1	Neurologische Störungen	153
11.2	Erhöhung des Hirndrucks	159
11.3	Hirntoddiagnostik	162
12	Fallorientierte Fragen	165

II Wegweisende Studien in der Intensivmedizin

13 Klinische Studien	175
-----------------------------------	-----

Serviceteil

Stichwortverzeichnis	242
-----------------------------------	-----

Fragen und Antworten

Kapitel 1

Allgemeines – 3

Kapitel 2

Atmung und Beatmung – 23

Kapitel 3

Infektiologie – 51

Kapitel 4

Blutprodukte und Volumenersatz – 71

Kapitel 5

Notfälle und Komplikationen – 81

Kapitel 6

Pharmakotherapie – 93

Kapitel 7

Herz und Kreislauf – 111

Kapitel 8

Magen-Darm-Trakt – 133

Kapitel 9

Organversagen und -transplantation – 139

Kapitel 10

Endokrines System – 147

Kapitel 11

Neurologische Störungen und Hirntod – 153

Kapitel 12

Fallorientierte Fragen – 165

Allgemeines

F. Kehl, S. Schulz-Stübner,
Intensivmedizin Fragen und Antworten,
DOI 10.1007/978-3-642-37607-8_1, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

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 Ven-

tilatoren 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⁻⁵.
- e. Der Herzindex beträgt 2,5–4,5 l/min/m².

✓ 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.** Neben der herkömmlichen Messung des Herzzeitvolumens mittels Thermodilutionstechnik via Swan-Ganz-Katheter finden auch semiinvasive Methoden wie z. B. die Pulsokturanalyse (z. B. mit PiCCO[®], LiDCO[®], FlowTrac[®]) zunehmende Verbreitung in der Klinik.

? 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 pO_2 -Wert im Bereich von 760 mmHg.
- d. Einem arteriellen 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 pO_2 -Wert wird im Bereich von 660 mmHg liegen. Nach der Alveolargasgleichung müssen der pCO_2 -Wert und der pH_2O -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 nimmt 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?

- Die Messung des hämodynamischen Profils mittels PiCCO-Technik erfordert neben einem zentralvenösen auch einen arteriellen Katheter.
- Die zentralvenöse Sauerstoffsättigung ist ein Synonym für gemischtvenöse Sauerstoffsättigung.
- 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.
- Die a-Welle im Kurvenverlauf des zentralen Venendrucks entspricht der rechtsatrialen Kontraktion.
- Befindet sich in einer Spritze, mit der eine Blutgasanalyse abgenommen wird, zuviel Heparin, dann zeigt das Ergebnis fälschlicherweise eine Hyperkapnie an.

✓ Antworten

- Richtig.** Das PiCCO-System beruht auf der Methodik der transpulmonalen Thermodilution und der arteriellen Pulskonturanalyse. Hierzu sind die beiden genannten Katheter erforderlich.
- 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.
- 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 Einzelfällen kann der Katheter jedoch auch in einer persistierenden linken oberen Hohlvene zu liegen kommen.
- 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.
- 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?

- Mithilfe der transösophagealen Echokardiographie lässt sich eine Endokarditis nur schwer erkennen.
- Liegt bei einem Intensivpatienten eine prolongierte, therapieresistente hämodynamische Instabilität vor, dann bietet die Diagnostik mittels transösophagealer Echokardiographie große Vorteile.
- Bei der transösophagealen Echokardiographie sind bisher keinerlei schwerwiegende Komplikationen des Verfahrens beschrieben worden.
- Die Lebervenenkatheterisierung mit Messung der lebervenenösen Sauerstoffsättigung hat sich in den letzten Jahren als Routineverfahren auf der Intensivstation etabliert.
- Die pHi-Messung beruht auf dem Prinzip der Tonometrie.

✓ Antworten

- Falsch.** Mithilfe der transösophagealen Echokardiographie kann man die Größe und die Ausdehnung endokarditischer Vegetationen exakt erfassen.
- 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.
- Falsch.** Durch das blinde Vorschieben der Sonde besteht die Gefahr einer Traumatisierung. Neben kleineren Läsionen im Oropharynx sind inzwischen auch schwerwiegende Ösophagusperforationen publiziert worden.
- Falsch.** Die Lebervenenkatheterisierung hat sich bisher in der klinischen Routine nicht durchsetzen können.
- Richtig.** Die Messung des intramukosalen pH-Wertes (pHi) im Magen oder Sigma beruht auf einer CO₂-Akkumulation im Gewebe bei verminderter Perfusion. Mithilfe eines Tonometers kann der lokale pCO₂-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 pCO₂-Messung des Gastrointestinaltrakts angeboten.

? 6 Welche Aussagen zum laborchemischen Monitoring sind richtig?

- Point-of-Care-Monitoring ist eine neue spezielle Technik zum Überwachen des Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma.
- 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 bettseitiger Test, bei dem Nativblut in einem Testgefäß mit gereinigter Silikonere 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 Fibrinsspaltprodukte. 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?

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

✓ Antworten

- 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: $66,47 + (13,75 \times \text{Gewicht [kg]}) + (5 \times \text{Größe [cm]}) - (6,76 \times \text{Alter [Jahre]})$.
- Richtig.** Für die Berechnung des aktuellen Energiebedarfes muss der Grundumsatz mit Faktoren wie dem Aktivitätsfaktor, dem Thermalfaktor bei Fieber und dem Traumafaktor multipliziert werden.
- 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.
- 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.
- 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?

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

✓ Antworten

- 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.
- 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.
- 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 die verabreicht werden kann.
- 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.
- 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?

- Bei Patienten mit hereditärer Fruktoseintoleranz kann die Infusion von fruktosehaltigen Lösungen zu schweren Leber- und Nierenschäden führen.
- 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 insulin-unabhängige 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 CO_2 abgebaut wird, kommt es bei hoher Glukosezufuhr zu einem vermehrten Anfall an 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 Aminosäurelösungen 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.
- 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 α -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 verzweigtkettigen und der aromatischen Aminosäuren verändert.

- c. **Richtig.** Insbesondere bei kontinuierlichen Nierenersatzverfahren treten signifikante Aminosäurenverluste 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 hoch dosierte parenterale Glutaminsubstitution soll beim Intensivpatienten die Komplikationsrate und die Letalität reduzieren.
- 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 Hyponatriämie vor.
- c. Der Serumkaliumspiegel ist repräsentativ für die intrazelluläre Kaliumkonzentration.
- d. Bei einer Hyperkaliämie $>6,5$ mmol/l ist primär die Gabe von Austauscherharzen wie z. B. Natriumpolystyrensulfonat indiziert.
- e. Die Gabe einer Substanz mit β_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 Na^+ , Glukose und Harnstoff bestimmt.
- b. **Falsch.** Beim SIADH (Schwartz-Bartter-Syndrom) liegt bei erhöhter ADH-Sekretion eine isovolämische Hyponatriämie und eine verminderte Serumosmolalität vor. Trotz der Hyponatriämie ist 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 $\text{Na}^+\text{-K}^+$ -ATPase aufrechterhalten.

- d. **Falsch.** Bei einer derart ausgeprägten Hyperkaliämie, die jederzeit symptomatisch werden kann, muss 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 β_2 -Agonisten wie z. B. Salbutamol ist effektiv in der Akutbehandlung der Hyperkaliämie. Auch die Gabe von Adrenalin senkt über den β_2 -Rezeptor-Effekt den Serumkaliumspiegel.

? 15 Welche Aussagen zur Analyse arterieller Blutgase sind richtig?

- a. Eine Azidose liegt vor, wenn der $p\text{CO}_2$ 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 (CO_2) und die Niere (HCO_3^-) geregelt werden. Daneben spielen noch Proteinpuffer 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 $p\text{O}_2$. Er ist erhöht bei einem Ventilations-Perfusions-Missverhältnis der Lunge und zeigt damit eine pulmonale