

Reinhard Larsen

Wissens-Check Intensivmedizin für die Fachpflege

Kompaktes Kurzlehrbuch
zum Wiederholen

 Springer

Wissens-Check Intensivmedizin für die Fachpflege

Reinhard Larsen

Wissens-Check Intensivmedizin für die Fachpflege

Kompaktes Kurzlehrbuch zum Wiederholen

 Springer

Reinhard Larsen
Homburg, Deutschland

ISBN 978-3-662-65061-5 ISBN 978-3-662-65062-2 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-65062-2>

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

© Springer-Verlag GmbH Deutschland, ein Teil von Springer Nature 2022

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 Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

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.

Planung/Lektorat: Ulrike Hartmann

Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

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

Vorwort

» Lernen ist wie Rudern gegen den Strom. Wenn man damit aufhört, treibt man zurück
(Laotse)

Der vorliegende Wissens-Check dient v. a. der Vorbereitung auf die Prüfung für die Fachpflegeweiterbildung und ergänzt den hierzu bereits erschienenen Band „Wissens-Check Anästhesie“ des Autors. Der Text umfasst die gesamte Intensivmedizin, setzt jedoch das Grundlagenwissen voraus. Um das schnelle Lernen und Wiederholen des Wissensstoffs zu erleichtern, sind alle Kapitel klar und systematisch gegliedert, der Inhalt verständlich, kompakt und ohne Abschweifungen dargestellt.

Das Buch wendet sich auch an die Fachpflegekräfte, die ihre Weiterbildung bereits erfolgreich abgeschlossen haben. Sie können hiermit nicht nur ihr Wissen auffrischen, sondern sich auch über die aktuellen Leitlinien, Empfehlungen und praktischen Vorgehensweisen in der Intensivmedizin informieren.

Wichtige Anregungen und Vorschläge für das Buch stammen von Frau Ulrike Hartmann, Springer Verlag. Unsere nun bereits Jahrzehnte zählende und mehrere Buchprojekte umfassende Zusammenarbeit war – wie immer – inspirierend und erfrischend.

Reinhard Larsen
Homburg
Juli 2022

Inhaltsverzeichnis

I Grundlagen

1	Intensivmedizin und Intensivpflege	3
2	Aufnahme des Patienten und Dienstübergabe	11
3	Überwachung des Patienten	15
4	Frühmobilisation	29
5	Hygiene, Infektionen und Antibiotikatherapie	33
6	Analgesie und Sedierung	45
7	Delir, Alkoholentzugs- und anticholinerges Syndrom	55
8	Atemwegsmanagement	61
9	Arterielle Kanüle und zentraler Venenkatheter	79
10	Thoraxdrainagen	85
11	Blutgasanalyse	89
12	Enterale und parenterale Ernährung	99
13	Infusionstherapie: Wasser und Elektrolyte	107
14	Blut und Blutprodukte	117
15	Gerinnungsmanagement	131
16	Innerklinischer Transport	139
17	Herz, Kreislauf und Hämodynamik	143
18	Kardiovaskuläre Medikamente	151
19	Reanimation und Postreanimationsbehandlung	161
20	Akute Herzinsuffizienz, kardiogener Schock	175

21	Akutes Koronarsyndrom (ACS) und akuter Myokardinfarkt.....	181
22	Fulminante Lungenembolie	191
II Lunge, Atmung und Beatmung		
23	Physiologie der Atmung.....	197
24	Respiratorische Insuffizienz.....	203
25	CPAP, HFNC und NIV	209
26	Maschinelle Beatmung und Weaning.....	215
27	ARDS: akutes Lungenversagen.....	237
28	COVID-19	245
29	Aspirationspneumonie und (Beinahe)ertrinken.....	251
30	Akute respiratorische Insuffizienz bei COPD.....	255
31	Asthmaanfall und Status asthmaticus.....	261
32	Thoraxtrauma.....	267
III Spezielle Intensivmedizin		
33	AKI – Akute Nierenschädigung.....	275
34	Akutes Leberversagen.....	281
35	Neurointensivmedizin.....	285
36	Herzchirurgie.....	315
37	Allgemeinchirurgie.....	329
38	Polytrauma/Schwerverletzter	349
39	Hirntod und Intensivbehandlung des Organspenders	357

IV Ausgewählte Krankheitsbilder

40	Sepsis	365
41	Schocksyndrome	371
42	Präeklampsie, HELLP-Syndrom und Eklampsie	377
43	Akute Vergiftungen	383
	Serviceteil	
	Stichwortverzeichnis.....	391

Grundlagen

Inhaltsverzeichnis

- Kapitel 1 Intensivmedizin und Intensivpflege – 3
- Kapitel 2 Aufnahme des Patienten und Dienstübergabe – 11
- Kapitel 3 Überwachung des Patienten – 15
- Kapitel 4 Frühmobilisation – 29
- Kapitel 5 Hygiene, Infektionen und Antibiotikatherapie – 33
- Kapitel 6 Analgesie und Sedierung – 45
- Kapitel 7 Delir, Alkoholentzugs- und anticholinerges Syndrom – 55
- Kapitel 8 Atemwegsmanagement – 61
- Kapitel 9 Arterielle Kanüle und zentraler Venenkatheter – 79
- Kapitel 10 Thoraxdrainagen – 85
- Kapitel 11 Blutgasanalyse – 89
- Kapitel 12 Enterale und parenterale Ernährung – 99
- Kapitel 13 Infusionstherapie: Wasser und Elektrolyte – 107
- Kapitel 14 Blut und Blutprodukte – 117

- Kapitel 15 Gerinnungsmanagement – 131
- Kapitel 16 Innerklinischer Transport – 139
- Kapitel 17 Herz, Kreislauf und Hämodynamik – 143
- Kapitel 18 Kardiovaskuläre Medikamente –151
- Kapitel 19 Reanimation und Postreanimationsbehandlung – 161
- Kapitel 20 Akute Herzinsuffizienz, kardiogener Schock – 175
- Kapitel 21 Akutes Koronarsyndrom (ACS) und akuter Myokardinfarkt – 181
- Kapitel 22 Fulminante Lungenembolie – 191



Intensivmedizin und Intensivpflege

Inhaltsverzeichnis

- 1.1 In Kürze – 4**
 - 1.1.1 Definitionen – 4
 - 1.1.2 Verschiedene Intensivstationen – 4
 - 1.1.3 Struktur – 4

- 1.2 Personal einer Intensivstation – 5**
 - 1.2.1 Aufgaben des Behandlungsteams – 5
 - 1.2.2 Interprofessionelle Zusammenarbeit – 6

- 1.3 Situation des Patienten – 6**
 - 1.3.1 Angehörigengespräche – 6

- 1.4 Risiken und Komplikationen der Intensivmedizin – 7**

- 1.5 Ethik und Recht in der Intensivmedizin – 7**
 - 1.5.1 Selbstbestimmungsrecht des Patienten – 7
 - 1.5.2 Wo liegen die Grenzen der Behandlungspflicht? – 8
 - 1.5.3 Sterbehilfe – 9

- 1.6 Der sterbende Intensivpatient – 10**

1.1 In Kürze

1.1.1 Definitionen

Intensivmedizin Versorgung schwerst bis lebensbedrohlich erkrankter Patienten, die mit einem sehr hohen medizinischen und pflegerischen Aufwand versorgt werden müssen. Sie setzt sich zusammen aus Intensivüberwachung, Intensivtherapie und Intensivpflege.

Intensivüberwachung Eine weit über das übliche Maß hinausgehende klinische Beobachtung und apparative Überwachung von Patienten.

Intensivtherapie Ein mit erhöhtem Aufwand betriebene Intensivüberwachung und Behandlung von Patienten mit bedrohlichen Störungen verschiedener Organsysteme, besonders der Atmung und der Herz-Kreislauf-Funktion.

Intensivpflege Spezifische Pflege des Intensivpatienten im Gegensatz zur allgemeinen Krankenpflege.

1.1.2 Verschiedene Intensivstationen

Grundsätzliche Unterscheidung:

- Interdisziplinäre (fächerübergreifende) Intensivstation
- Fachspezifische Intensivstation: an das jeweilige Fachgebiet angegliedert
- Organ- oder erkrankungsspezifische Intensivstation

■ Postoperative Einheiten

Zwei Formen werden unterschieden:

- Aufwachraum: Meist in den Operations-trakt integriert. Überwachung für wenige Stunden
- Postoperative Überwachungsstation (Frischoperiertenstation)

■ Intermediate Care Unit (IMC) oder High Dependency Unit (HDU)

- Unterschieden werden interdisziplinäre und fachspezifische IMC
- Die Behandlungsstufe der IMC oder HDU liegt zwischen Intensivtherapie und Normal-/Minimalpflege.
- Die IMC versorgt primär Patienten, bei denen nur eine kontinuierliche Überwachung erforderlich ist.
- Invasive und nichtinvasive Beatmung, kontinuierliche extrakorporale Verfahren und erweitertes Monitoring gehören nicht zu den Aufgaben einer IMC

1.1.3 Struktur

■ Lage

- Operative und gemischte Intensivstationen: möglichst in direkter Nähe von Operations-trakt, Notfallaufnahme und Diagnostik-abteilung, um gefährlich lange Transport-wege zu vermeiden

■ Größe und Aufbau

- 5 % der Gesamtbettzahl des Krankenhauses
- Größe: mindestens 4–6, obere Größe: variabel
- Aufbau: Patientenzone und Funktionszone mit Betriebs-, Schleusen- und Zentral-räumen
- Bettplatzgröße: 25 m²
- Patientenversorgung: offen (höhere Infektionsgefahr) oder in Einzelbox (längere Wege, schlechtere Überwachungsmöglichkeiten)

■ Akutlabor

In die Intensivstation integriertes Labor, in dem rund um die Uhr folgende Parameter bestimmt werden können:

- Grundleistungen wie Hämoglobin, Hämatokrit, Elektrolyte, Blutzucker, Serum- und Urinosmolarität, Urinstatus
- Blutgasanalyse und Säure-Basen-Parameter

- Laktat
- Standardgerinnungsanalysen

1.2 Personal einer Intensivstation

■ Pflegepersonal

Als Richtwerte werden von der DIVI angegeben:

- Für 2 Behandlungsplätze 1 Pflegekraft pro Schicht
- Eine erhöhte Präsenz von Pflegepersonal – bis zu einer Pflegekraft pro Bettplatz – für spezielle Situationen oder Aufgaben
- Zusätzlich 1 Stelle für die Pflegedienstleitung pro Intensivstation

■ Ärztliches Personal

- 1 Leiter und 7 Stationsarztstellen (40 Stundenwoche) pro 8–12 Intensivbetten

■ Hilfskräfte

Für die Entlastung des Pflegepersonals von nichtmedizinischen Stationsarbeiten bzw. Tätigkeiten, die nicht unmittelbar der Patientenversorgung dienen. Bedarf:

- <8 Betten: 2 Hilfskräfte
- 8–12 Betten: 3 Hilfskräfte
- 12–16 Betten: 4 Hilfskräfte

1.2.1 Aufgaben des Behandlungsteams

Zum *Kern* des Behandlungsteams gehören das Fachpflegepersonal und die Intensivmediziner verschiedener Fachdisziplinen.

1.2.1.1 Fachpflegepersonal

Optimale Organisationsform ist die **Gruppenpflege**. Wesentliche Aufgaben sind:

- Allgemeine und spezielle Pflege des Intensivpatienten, Pflegedokumentation
- Beobachtung und Überwachung des Patienten, Dokumentation der überwachten Parameter

- Kontrolle der Überwachungsgeräte
- Vorbereitung, Funktionsprüfung und Bereitstellung von Geräten
- Bedienen von Geräten mit Erkennen und Beseitigen von Funktionsstörungen
- Beherrschung der kardiopulmonalen Wiederbelebung einschließlich Defibrillation
- Interpretation der häufigsten Herzrhythmusstörungen auf dem EKG-Monitor
- Arterielle und venöse Blutentnahmen
- Praktische Durchführung von enteraler und parenteraler Ernährung, Inhalationstherapie, Lagerungsdrainagen
- Legen von Magensonden und Blasen-kathetern

■ Ausbildung des Fachpflegepersonals

2-jährige berufsbegleitenden Weiterbildung, der eine 3-jährige Krankenpflegeausbildung vorangeht

1.2.1.2 Ärzte

Wesentliche Aufgaben:

- Diagnostische und behandelnde Maßnahmen am Patienten
- Aufstellung eines Ordnungsplans
- Überwachung des klinischen Zustands des Patienten durch Beobachtung und mithilfe von Überwachungsgeräten
- Überwachung der Ausführung ärztlicher Verordnungen und der Verordnungen durch das Pflegepersonal, Dokumentation der Behandlung
- Teilnahme an Visiten und Organisationsbesprechungen
- Durchführung organisatorischer Maßnahmen

■ Weiterbildung

- Einen Facharzt für Intensivmedizin gibt es in Deutschland nicht. Die auf der Intensivstation tätigen Ärzte erwerben oder besitzen die *Zusatzbezeichnung Intensivmedizin*.

1.2.2 Interprofessionelle Zusammenarbeit

- Intensivmedizin erfordert die enge und vertrauensvolle Zusammenarbeit verschiedener Berufsgruppen.
- Die einzelnen Berufsgruppen bringen ihre Fachkompetenz und fachbezogene Sichtweise in den Behandlungsprozess ein.
- Die Aufgabenteilung im Team muss klar und eindeutig geregelt sein.
- Interprofessionelle Gespräche und Visiten verbessern die Patientenversorgung und das Behandlungsergebnis.

1.3 Situation des Patienten

■ Objektive Belastungen

- Oft lebensbedrohliche Erkrankung
- Extreme Abhängigkeit
- Immobilisation
- Aufhebung oder massive Einschränkung der persönlichen Freiheit und Individualität
- Weitgehender Abbruch der bisherigen zwischenmenschlichen Beziehungen
- Fremde Umgebung
- Schläuche, Tuben, Beatmungsgeräte, Kabel, O₂-Masken, Überwachungsgeräte usw.
- Verlust der Blasen- und Darmkontrolle
- Mangel an Intimsphäre
- Schmerzhaftes Maßnahmen
- Gestörte biologische Rhythmen
- Erleben der Reanimation und des Todes von Mitpatienten

■ Subjektive Belastungen

- Beschwerden durch die Erkrankung oder Verletzung
- Ängste und Fantasien über das Geschehen, die Bedeutung der Krankheit, die Zukunft
- Trennungsängste, Gefühl der sozialen Isolierung und Vereinsamung

- Monotone Reizüberflutung mit Licht und Lärm
- Scham durch Entblößung und Aufhebung der Persönlichkeitsgrenzen
- Einfluss des Betriebsklimas der Intensivstation

■ Psychische Störungen

Vereinfacht unterschieden werden:

- **Akute organische Psychosyndrome**, hervorgerufen durch organische Veränderungen im ZNS: Delir, Halluzinose, Wahn, affektive Störung, organische Angststörung
- **Reaktive Störungen aufgrund der Belastungssituation**: Angstzustände, Ohnmacht, Depression, Schlafstörungen, Infantilisierung, Gefühle extremer Hilflosigkeit und Abhängigkeit, Verleugnung der Erkrankungssituation

Prophylaxe und Behandlung

- **Basismaßnahmen** („Psychotherapie des täglichen Lebens“)
 - Einfühlende Zuwendung (Empathie): Sicherheit, Geborgenheit und Vertrauen vermitteln
 - Häufige Kontaktangebote
 - Ausreichende Information über geplante Maßnahmen
- **Gezielte Maßnahmen/Behandlung**
 - Medikamente
 - Professionelle psychologische Mitbehandlung

1.3.1 Angehörigengespräche

- So früh wie möglich Erstgespräch mit Informationen über die Diagnose, Behandlungsmöglichkeiten und Prognose sowie Erfragen wichtiger Fakten über den Patienten
- Gespräche in separatem Raum und ruhiger, ungestörter Umgebung führen
- **Ziele des Angehörigengesprächs**:
 - Beruhigung und emotionale Entlastung der Angehörigen

- Stärkung ihrer Fähigkeiten, mit der Belastung umzugehen und Gefühle der Ohnmacht und Hilflosigkeit zu überwinden
- Prognose und zukünftige Perspektive erklären
- Alle Angehörigengespräche stichwortartig dokumentieren
- **Umgang mit Angehörigen gestorbener Intensivpatienten**
 - Der Übermittler der Todesnachricht soll sich auf die Gesprächssituation vorbereiten.
 - Die Aufklärung der Angehörigen erfolgt möglichst in einem speziellen Raum, in dem die Angehörigen ungehindert und ungestört ihre Trauer äußern dürfen.
 - Umständliche und ausschweifende Erklärung sind zu vermeiden.
 - Empathie ausstrahlen, keine distanzierte Geschäftigkeit.
 - Abschied von dem Toten ermöglichen; wenn erforderlich, die Angehörigen vorher auf den Anblick vorbereiten. Bei schwerst entstellten Patienten ggf. auf den direkten Anblick verzichten.

1.4 Risiken und Komplikationen der Intensivmedizin

Die typischen Komplikationen der Intensivmedizin entstehen durch technische Pannen, menschliches Versagen und die eigentlichen Intensivbehandlungsmaßnahmen. Typische Beispiele sind:

- **Technische Pannen:** Ausfall von Geräten, Störungen der Strom- und Gasversorgung
- **Menschliches Versagen:** Bedienungsfehler an Geräten, Verwechslungen, insbesondere von Medikamenten und deren Dosierungen, Übertragen von Aufgaben an ungenügend qualifizierte Mitarbeiter

- **Folgen des Grundleidens:** Stressulzera, Nierenversagen
- **Folgen der Behandlung:** Sepsis, Trachealstenose, Gefäßschäden, Überwässerung, Nebenwirkungen von Medikamenten
- **Psychische Schäden:** Psychosyndrome, reaktive psychische Störungen
- **Körperliche Spätfolgen:** Behinderungen, Berufsunfähigkeit, vielfältige Beschwerden

1.5 Ethik und Recht in der Intensivmedizin

1.5.1 Selbstbestimmungsrecht des Patienten

- Artikel 1 und 2 des Grundgesetzes schützen das Selbstbestimmungsrecht und die Körperintegrität des Menschen.
- Alle medizinischen Maßnahmen, auch die der Intensivtherapie, sind Eingriffe in die Körperintegrität und objektiv eine Körperverletzung.
- Eine Körperverletzung liegt juristisch nicht vor, wenn der Patient in die medizinischen Maßnahmen eingewilligt hat.
- **Muss der Patient auch in die Intensivbehandlung einwilligen?**
 - Der Wille des Patienten ist oberstes Gebot: Jeder Patient entscheidet frei, ob er sich ärztlich behandeln oder der Krankheit ihren Verlauf lassen will.
 - Auch bei der Intensivbehandlung muss der Patient in jede einzelne diagnostische und therapeutische Maßnahme einwilligen.
 - Die Einwilligung in die Intensivbehandlung kann jederzeit widerrufen werden.
 - Juristisch ist aber eine Einwilligung nur dann wirksam, wenn der Patient *einwilligungsfähig*, d. h. im Vollbesitz seiner geistigen Kräfte und außerdem ausreichend informiert bzw. aufgeklärt ist.

- **Was tun, wenn der Intensivpatient nicht einwilligungsfähig ist?**
- Ist ein Patient nicht ansprechbar oder aus anderen Gründen nicht einwilligungsfähig, entscheiden die **Personensorgerechtigten** an seiner Stelle.
- Bei Kindern und Minderjährigen sind dies in der Regel die **Eltern**, bei nichtwillensfähigen Erwachsenen ein durch das Vormundschaftsgericht bestellter **Betreuer**.
- Wenn ein Patient nicht oder nicht rechtzeitig über die erforderlichen medizinischen Maßnahmen entscheiden kann, so gilt sein **mutmaßlicher Wille**.
- Angehörige, denen das Sorgerecht nicht übertragen wurde, können **nicht** für den Patienten entscheiden. Sie sind für den Arzt lediglich Auskunftspersonen.
- **Patientenverfügung**
- Eine schriftliche Verfügung des Patienten, in der eine Intensivbehandlung abgelehnt wird, muss berücksichtigt werden.
- Eine mündliche Willensäußerung im Beisein reicht ebenfalls aus.
- **Was gilt bei Suizid?**
- Suizidpatienten, die ihre Entscheidungsfähigkeit verloren haben, z. B. durch Bewusstseinsverlust nach Einnahme von Schlafmitteln, **müssen** medizinisch behandelt werden.
- Dies gilt auch dann, wenn eindeutig klar ist, dass der Patient diese Hilfe nicht gewollt hätte, wäre er noch entscheidungsfähig gewesen.
- Nach der Zumutbarkeitsklausel darf aber die Hilfe unterlassen werden, wenn der Suizidpatient nur um den Preis schwerer Gesundheitsschäden gerettet werden könnte.

1.5.2 Wo liegen die Grenzen der Behandlungspflicht?

- Grundsätzlich endet die Behandlungspflicht mit dem **Tod** des Patienten als irreversiblen Ende der menschlichen Persönlichkeit.
- Tod im medizinischen und juristischen Sinn ist der irreversible Funktionsausfall des Gehirns, der **Hirntod**, nicht der Herz- und Atemstillstand.
- **Was gilt für lebensverlängernde Maßnahmen?**
- Grundsätzlich hat jeder Patient das Recht, eine lebensverlängernde Intensivbehandlung zu verweigern.
- Dieses Recht muss von den Behandelnden respektiert werden, auch wenn sie die Gründe nicht nachvollziehen oder akzeptieren können.
- Bei Intensivpatienten, die noch unter dem Einfluss von Sedativa und Analgetika stehen, muss der Arzt – nach sorgfältiger Prüfung aller Umstände – seine Entscheidung am **mutmaßlichen Willen** des Patienten ausrichten.
- Angehörige können dem Arzt bei der Entscheidungsfindung nur helfen, nicht aber selbst entscheiden. Entscheiden können sie nur dann, wenn ihnen durch ein Gericht das **Personensorgerecht** übertragen worden ist.
- **Wiederbelebungsmaßnahmen**
- Ist kein Wille des Patienten erkennbar, lebensverlängernden Maßnahmen zuzustimmen, kann der Arzt bei einem vorauszusehenden Herz- oder Atemstillstand am Ende einer nicht mehr therapierbaren Erkrankung oder als natürliche Folge seines hohen Lebensalters auf Wiederbelebungsmaßnahmen

verzichten, wenn hierdurch nur das Sterben verlängert werden würde.

- Dies gilt auch für intensivmedizinische Maßnahmen, die den zu erwartenden und nicht mehr abwendbaren Tod nur hinauszögern.

1.5.2.1 Behandlungsverzicht und Behandlungsabbruch

- Lebensverlängernde Maßnahmen können unterlassen oder abgebrochen werden, wenn sie lediglich den nicht mehr abwendbaren Sterbevorgang hinauszögern und keine Hilfe mehr für den Patienten darstellen.
- Auch eine zunächst unter aussichtsreichen Voraussetzungen begonnene Intensivtherapie kann abgebrochen werden, wenn sich im weiteren Behandlungsverlauf herausstellt, dass sie aussichtslos ist.
- Unter bestimmten Umständen ist es aber auch schon früher gerechtfertigt, auf lebensverlängernde Maßnahmen zu verzichten und sich auf die Linderung des Leidens bzw. auf die Pflege zu beschränken, z. B. bei Fällen irreversibler Bewusstlosigkeit.

1.5.2.2 Reduzierte Intensivtherapie

- Hierbei wird trotz eindeutiger Hoffnungslosigkeit der Weiterbehandlung, die Intensivbehandlung nicht eingestellt, sondern nur ihr Umfang reduziert, oft mit der Anweisung „keine Wiederbelebung“.
- Die reduzierte Therapie wird von zahlreichen Intensivmedizinern als inkonsequent und unethisch abgelehnt.

1.5.2.3 Humanitäre Basistherapie

- Auch bei Verzicht auf jede Intensivtherapie muss eine Basistherapie, v. a. die Grundpflege, aufrechterhalten werden.
- Hierzu gehört auch die Linderung von Schmerzen bzw. Leiden, Durst oder Atemnot, jedoch nicht die Bestimmung

von Laborwerten, wenn hieraus keine Konsequenzen mehr gezogen werden.

- Weiterhin sollte der Patient nicht allein gelassen werden; Angehörige müssen unbeschränkten Zugang erhalten.

1.5.3 Sterbehilfe

Zu unterscheiden ist zwischen passiver und aktiver Sterbehilfe.

Der Begriff Euthanasie (gr. „schöner Tod“) wird gleichbedeutend verwendet, ist aber wegen der verbrecherischen Tötungen von Geisteskranken in der Zeit der nationalsozialistischen Diktatur in Verruf geraten.

1.5.3.1 Was ist passive Sterbehilfe?

- Sie umfasst schmerzlindernde und andere symptomatische Maßnahmen, die dem Sterbenden das Sterben erleichtern.
- Diese Art der Sterbehilfe gehört zu den ethischen und rechtlichen Pflichten der Heilkunde des Arztes.
- Sie ist auch dann gerechtfertigt, wenn durch diese Maßnahmen das Bewusstsein getrübt oder gar das Leben verkürzt wird.
- In der Intensivmedizin bedeutet Sterbehilfe den Verzicht auf die Einleitung oder Fortführung der Intensivbehandlung.

1.5.3.2 Was ist aktive Sterbehilfe?

- Handlung des Arztes, durch die der Patient stirbt, d. h. eine Hilfe *zum* Sterben. Passive Sterbehilfe erleichtert nur das Sterben, aktive Sterbehilfe hingegen tötet.
- Passive Sterbehilfe ist dem Arzt erlaubt, aktive Sterbehilfe dagegen eine strafbare Handlung.
- Das Abschalten des Respirators ist keine aktive Sterbehilfe, wenn es sich hierbei lediglich um die Beendigung lebensverlängernder Maßnahmen bzw. einen Behandlungsabbruch bei einem Sterbenden handelt.

1.5.3.3 Tötung auf Verlangen

- Tötung auf Verlangen ist strafbar (§ 216 StGB), passive Sterbehilfe nicht.
- Das Selbstbestimmungsrecht des Patienten wird eingeschränkt, auch wenn er sein Tötungsverlangen im Vollbesitz seiner geistigen Kräfte geäußert hat.

1.6 Der sterbende Intensivpatient

- Sterben und Tod sind Bestandteil und Gesetz des Lebens.

- Der humane Umgang mit dem sterbenden Intensivpatienten erfordert professionelle Fähigkeiten von Pflegekräften und Ärzten.
- Die Betreuung sterbender Intensivpatienten darf sich nicht auf distanzierte „maschinelle Verrichtungen“ beschränken.
- Das Behandlungsteam muss sich auch auf eine gefühlsmäßige Auseinandersetzung mit dem Patienten einlassen, d. h. den ganzen Menschen annehmen und behandeln.
- Ziel ist die mitmenschliche Unterstützung des Patienten beim Sterben.



Aufnahme des Patienten und Dienstübergabe

Inhaltsverzeichnis

- 2.1 Aufnahme des Patienten – 12
- 2.2 Dienst- und Patientenübergabe – 12
 - 2.2.1 Übergabe nach dem SBAR-Konzept – 12
- 2.3 Tagesziele festlegen und überprüfen – 13

2.1 Aufnahme des Patienten

- In der Regel nach Voranmeldung, nur in Ausnahmefällen notfallmäßig
- Vor der Ankunft wesentliche Informationen über den Patienten einholen:
 - Was ist die Hauptdiagnose bzw. der Grund für die Aufnahme?
 - Ist der Patient intubiert und beatmet?
 - Benötigt er kardiovaskuläre Medikamente?

■ Bettplatzcheck

Überprüfung der Monitore, ihrer Messwerte, Alarmgrenzen und Kurvenbilder:

- Überprüfung der arteriellen Druckmessung, ihrer Zuleitungen, Spülvorrichtungen usw.
- Kontrolle der angeschlossenen Perfusoren: Medikamente, Laufraten, Dosierung, korrekte Beschriftung
- Kontrolle der ZVK-Anschlüsse, Belegung der Lumina (wo befindet sich der Zuspitzschenkel, wo laufen die Katecholamine?)
- Kontrolle des Endotrachealtubus oder der Trachealkanüle: Fixierung, Lagekontrolle, Cuffdruck
- Kontrolle des Beatmungsmonitorings
- Kontrolle der Einstellung des Beatmungsgeräts, der Steckverbindungen und Schläuche

■ Patientencheck

- Auskultation des Thorax und Abdomens
- Kontrolle der Pupillen und des Bewusstseins

- Therapie- und Pflegekontrollen: Analgesie, Sedierungsgrad, Magensonde, Wunden, Verbände, Hautzustand, Drainagen
- Einschätzung der Lagerung und Positionierung des Patienten

2.2 Dienst- und Patientenübergabe

- Erfolgt am Patientenbett ohne Ablenkungen und Unterbrechungen
- Umfasst Bericht über den aktuellen Stand der Pflege, Therapie, Diagnostik und den Krankheitsverlauf
- Die ablösende Pflegekraft: verschafft sich eigenen Überblick über die aktuelle Situation des Patienten

2.2.1 Übergabe nach dem SBAR-Konzept

Nach diesem Konzept werden Informationen in einer definierten und thematisch geordneten Reihenfolge übermittelt:

- S = Situation
- B = Background (Hintergrund)
- A = Assessment (Einschätzung)
- R = Recommendation (Empfehlung)

■ Situation

- Name
- Alter und Geschlecht
- Hauptdiagnose oder Grund für den Aufenthalt auf der Intensivstation
- Datum der Aufnahme in die Intensivstation

2.3 · Tagesziele festlegen und überprüfen

■ **Background (Hintergrund)**

- Schilderung des medizinischen und pflegerischen Verlaufs
- Überblick der diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen, z. B. Art des Eingriffs einschließlich intraoperativer Ereignisse und Besonderheiten
- Ereignisse im Behandlungsverlauf wie Reintubation, Komplikationen

■ **Assessment (Einschätzung)**

Aktuelle Situation, Behandlungsverlauf, Besonderheiten der aktuellen Situation:

- Monitoring
- Herz-Kreislauf-Situation und -Medikation
- Volumenstatus
- Beatmung und Weaning-Ziele
- Temperaturmanagement
- Zugänge, Drainagen
- Laborwerte einschließlich Blutgasanalyse
- Neurologischer Status, Sedierungsgrad
- Pflegerische Besonderheiten, z. B. Hautzustand, Lagerung
- Mikrobiologie, vorhandene Infektionen
- Wundbehandlung
- Kommunikationsstand mit den Angehörigen und psychosoziale Gesichtspunkte

■ **Recommendation (Empfehlung)**

- Geplante Untersuchungen oder Interventionen
- Änderungen im Therapieplan
- Festgelegte Therapieziele und -prioritäten

- Ausstehende pflegerische Maßnahmen wie z. B. Verbandswechsel
- Noch zu klärende offene Fragen

2.3 Tagesziele festlegen und überprüfen

- Tagesziele sind wichtig, um die Genesung des Patienten voranzubringen.
- Die Tagesziele müssen realistisch und für alle Mitglieder des Teams verbindlich sein.
- Hierbei sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

■ **Welche Faktoren müssen bei den Tageszielen berücksichtigt werden?**

- Analgesie, Sedierung und Delirbehandlung
- Beatmung, Entwöhnung von der Beatmung, Atemtherapie
- Herz-Kreislauf-Situation, Katecholamin- und Flüssigkeitstherapie
- Ernährung, bei Bedarf Inkontinenzversorgung/Ausscheidungen
- Frühmobilisation, Bewegungsförderung
- Umgang mit Infektionen
- Notwendigkeit invasiver Katheter kritisch überprüfen
- Präventionsmaßnahmen festlegen, z. B. Physiotherapie oder Ergotherapie
- Notwendige diagnostische und therapeutische Maßnahmen
- Kommunikation abstimmen: Konsile, Angehörige, weiterbehandelnde Einrichtungen



Überwachung des Patienten

Inhaltsverzeichnis

- 3.1 Überwachte Funktionen und Systeme – 16**
- 3.2 Monitoring der Herz-Kreislauf-Funktion – 16**
 - 3.2.1 Hämodynamisches Basismonitoring – 16
 - 3.2.2 Erweitertes hämodynamisches Monitoring – 19
- 3.3 Überwachung der Atemfunktion – 22**
 - 3.3.1 Pulsoxymetrie – 23
 - 3.3.2 Kapnometrie und Kapnographie – 24
 - 3.3.3 Arterielle Blutgasanalyse – 25
- 3.4 Überwachung der Körpertemperatur – 25**
- 3.5 Überwachung des Wasser-Elektrolyt-Haushalts – 26**
- 3.6 Hämatologie und Blutgerinnung – 26**
- 3.7 Entzündungsparameter – 26**
- 3.8 Überwachung metabolischer Parameter – 26**
- 3.9 Überwachung der Nierenfunktion – 27**
- 3.10 Überwachung der Leber- und Magen-Darm-Funktion – 27**
- 3.11 Neuromonitoring – 27**

3.1 Überwachte Funktionen und Systeme

Im Mittelpunkt der Überwachung stehen die **Vitalfunktionen** (Herz-Kreislauf-Funktion, Atmung, Hirnfunktion) sowie die Durchblutung und Funktion unmittelbar lebenswichtiger Organe (Niere, Leber und Magen-Darm-Trakt).

- **Welche Funktionen müssen überwacht werden?**
 - Herz und Kreislauf, O₂-Transport
 - Ventilation und pulmonaler Gasaustausch
 - Säure-Basen-Haushalt, Laktat
 - Wasser- und Elektrolythaushalt, Flüssigkeitsbilanz
 - Blutgerinnung
 - Stoffwechsel, Blutzucker
 - Temperaturregulation
 - Niere
 - Leber
 - Magen-Darm-Trakt
 - Neurologische Funktionen

Basismonitor des Intensivpatienten

Jeder Intensivpatient wird an einen Basismonitor angeschlossen, der mindestens folgende Parameter erfassen kann:

- **EKG:** gleichzeitige Anzeige von mindestens zwei Ableitungen
- **Invasive Drücke:** mindestens ≥ 2 Anzeigen, z. B. arterieller Druck, ZVD
- **Pulsoxymeter:** SpO₂, analog und digital (Zahlenwerte und Pulskurve)
- **Kapnometer**
- **NIBP**
- **Temperatur:** 2 Kanäle
- **Alarmfunktionen** für jeden einzelnen Parameter

3.2 Monitoring der Herz-Kreislauf-Funktion

Die apparative Überwachung der Herz-Kreislauf-Funktion besteht aus zwei Komponenten:

- **Basismonitoring** (► Abschn. 3.3.1)
 - EKG-Monitor: Herzfrequenz und Herzrhythmus
 - Arterieller Blutdruck
 - Zentraler Venendruck (als Verlaufsparemeter)
 - Pulsoxymeter
- **Erweitertes Monitoring** (► Abschn. 3.3.2)
 - PiCCO-Monitoring
 - Pulmonalkatheter
 - Linker Vorhofdruck
 - TEE (transösophagealen Echokardiographie)
 - TTE (transthorakale Echokardiographie)

3.2.1 Hämodynamisches Basismonitoring

3.2.1.1 EKG-Monitor

- Jeder Intensivpatient wird an einen EKG-Monitor angeschlossen.
- Mit dem EKG-Monitor sollen **Arrhythmien** und **Myokardischämien** (durch ST-Streckenanalyse) festgestellt werden.
- Der Monitor sollte mindestens 2 Ableitungen ermöglichen:
 - Ableitung II und V5 (erfasst ca. 80 % aller ST-Streckenveränderung) oder
 - Ableitung II und V3 oder
 - Ableitung II und V4 oder
 - V3, V4 und V5.

3.2.1.2 Arterielle Blutdruckmessung

Der arterielle Blutdruck muss lückenlos überwacht werden, beim kritisch Kranken invasiv, beim weniger schwer kranken nichtinvasiv.

■ Wovon hängt der arterielle Druck ab?

Der arterielle Mitteldruck ergibt sich aus dem Herzzeitvolumen (HZV in l/min) und dem peripheren Gesamtwiderstand der Gefäße:

— **Arterieller Mitteldruck (MAP)** = HZV × totaler peripherer Widerstand (TPW)

■ Was sagt der Blutdruck aus?

- Der arterielle Mitteldruck ist ein Indikator u. a. für die Durchblutung der Organe.
- Ein zu niedriger Blutdruck führt zur Minderdurchblutung (Ischämie).
- Ein zu hoher Blutdruck belastet das Myokard und die arteriellen Blutgefäße.

Invasive Blutdruckmessung

Hierfür muss eine periphere Arterie kanüliert und mit einem Druckaufnehmer verbunden werden.

■ Vorteile der invasiven Messung

- Kontinuierliche Schlag-für-Schlag-Druckregistrierung
- Rasches Erkennen hämodynamischer Störungen
- Sichere Kreislaufüberwachung bei Herzrhythmusstörungen
- Größere Messgenauigkeit als die nicht-invasive Messung
- Zugang für arterielle Blutproben

Welche Arterie wird kanüliert?

A. radialis

- Häufigster Punktionsort mit gutem Kollateralkreislauf über die A. ulnaris. Einfache Kanülierungstechnik
- Komplikationen: Thrombose der A. radialis, Embolie, Hämatom, Fingernekrosen, arteriovenöse Fistel.

Alternative Punktionsstellen

- A. ulnaris: nur selten
- A. brachialis in der Ellenbeuge per Seldinger-Technik
- A. femoralis per Seldinger-Technik
- A. dorsalis pedis auf dem Fußrücken: nur ausnahmsweise kanülieren

■ Bestandteile einer Druckmessvorrichtung

- Arterielle Kanüle: 18 oder 20 G für Erwachsene, 20–22–24 G für Kinder
- Flüssigkeitsgefülltes Schlauchsystem, druckbeständig
- Druckaufnehmer (Transducer): wird in Thoraxmitte als Referenzpunkt platziert. Nullabgleich und Kalibrierung sind erforderlich
- Monitor mit Verstärker und Anzeige: angezeigt werden systolischer, diastolischer und mittlerer Druck

■ Störungen der Druckmessung

Störungen können zu falschen Schlüssen über den Zustand des Patienten führen!

- **Schleuderzacken:** meist durch überlange Zuleitung bedingt
- **Gedämpfte Kurve:** hierdurch wird der systolische Druck zu niedrig und der diastolische zu hoch gemessen. Ursachen: Luftbläschen oder Blutgerinnsel im System oder in der Kanüle
- **Transducer lässt sich nicht abgleichen.** Ursachen:
 - Druckaufnehmer defekt
 - Druckaufnehmer falsch angeschlossen
 - Verstärker defekt
 - Menüauswahl stimmt nicht mit Aufbau überein
- **Druckkurve driftet.** Ursache: Kabel abgeknickt
- **Druck wird zu niedrig angezeigt.** Ursachen:
 - Kurve gedämpft
 - Transducer nicht richtig abgeglichen
 - Transducer nicht in richtiger Referenzhöhe platziert, sondern zu hoch

- **Druck wird zu hoch angezeigt.** Ursachen:
 - Transducer falsch platziert, zu tief angebracht oder heruntergefallen
 - Transducer nicht richtig abgeglichen
- **Keine Kurve auf dem Monitor.** Ursachen:
 - Transducer falsch angeschlossen
 - Transducer defekt
 - Verstärker defekt
 - Menüeinstellung nicht korrekt
- **Direkte Druckmessung stimmt nicht mit Manschettendruck überein.**
- **Kanülenpflege**
- Kontinuierliche Druckspülung, hierdurch wird das Thrombose- und Embolierisiko gesenkt
- Beachtung der Hygiene bei Bedienung der Zuleitungen, 3-Wege-Hähne und Transducer
- Regelmäßige aseptische Verbandswechsel

Nichtinvasive Blutdruckmessung (NIBP)

- Bei hämodynamisch stabilen Intensivpatienten kann der Blutdruck meistens nichtinvasiv gemessen werden
- **Normalwerte:** 120–129/80–84 mmHg; hochnormal 130–139/85–89 mmHg; Mitteldruck >65 mmHg
- **Automatische NIBP-Messung**
- Die NIBP-Messung erfolgt in der Regel, *oszillometrisch*, mit automatischen, mikroprozessorgesteuerten Geräten.
- Gemessen werden der systolische und der diastolische Blutdruck, während der arterielle Mitteldruck (MAP) vom Gerät berechnet wird. Die Werte werden auf dem Monitor angezeigt.

Voraussetzungen für genaue Messwerte

- Korrekte Manschettenbreite: mindestens 20 % größer als der Durchmesser des Messarms. Zu schmale Manschetten: falsch hoher Druck, zu breite Manschetten: geringe Verfälschung der Messwerte

- Straffes Anlegen der luftleeren Manschette am unbekleideten Oberarm

■ Was kann zu falschen Messwerten führen?

- Falsche Größe und falsche Platzierung der Manschette
- Blutdruckabfall, Gefäßkonstriktion, Schock
- Hypertonie
- Hypothermie
- Übergewicht
- Arrhythmien des Herzens mit peripheren Druckschwankungen oder Pulsdefizit (bei der oszillometrischen Messung)

3.2.1.3 Messung des zentralen Venendrucks

Definition: Der zentrale Venendruck (ZVD) ist der Druck in der oberen V. cava. Er entspricht dem Druck im rechten Vorhof während der Diastole.

- Steigt er an, wird das Herz stärker gefüllt; und das Schlagvolumen nimmt zu, ebenso das Herzzeitvolumen (wenn die Herzfrequenz konstant bleibt).

■ Wovon hängt der ZVD ab?

Der ZVD hängt von mehreren Faktoren ab:

- Füllungszustand des Gefäßsystems bzw. intravasales Volumen
- Peripherer Venentonus
- Dehnbarkeit des rechten Ventrikels
- Höhe des intrathorakalen Drucks
- Zufuhr kardiovaskulärer Medikamente

■ Warum wird der ZVD gemessen?

- Einzelne Messwerte sind wenig aussagekräftig
- Kontinuierliche Verlaufsmessungen und die Analyse der Kurven ermöglichen aber Rückschlüsse auf den Füllungszustand des Gefäßsystems bzw. das intravasale Blutvolumen und auf die Funktion des rechten Herzens

- **Wodurch ändert sich die Höhe des ZVD?**
- Bei Volumenmangel ist der ZVD niedrig
- Bei Hypervolämie, Rechtsherzinsuffizienz, Lungenembolie, Perikardtamponade, Spannungspneumothorax, Beatmung mit PEEP ist der ZVD erhöht
- Steigt das HZV an, nimmt der ZVD ab (Gefäßfunktionskurve)

- **Wie wird der ZVD gemessen?**

- Der ZVD wird in der Regel über einen zentralen Venenkatheter in der oberen Hohlvene (V. cava superior) oder (ausnahmsweise) im rechten Vorhof über einen Pulmonalkatheter gemessen.
- Beim Intensivpatienten wird der ZVD elektronisch gemessen und zusammen mit der Venendruckkurve auf dem Monitor angezeigt.
- Referenzpunkt für die Platzierung des Druckaufnehmers ist die **Thoraxmitte**.
- Für die Messung muss der Patient flach auf dem Rücken liegen.
- Die Digitalanzeige des Verstärkers wird auf Mitteldruckanzeige eingestellt.
- **Normalwerte: 1–10 mmHg.**
- Lagerung und Beatmungssituation bei der Messung sollten für spätere Interpretationen in der Verlaufskurve dokumentiert werden.

- **Verlauf der Venendruckkurve**

Die Kurve verläuft wellenförmig:

- a-Welle: Vorhofsystole
- c-Welle: Schluss der Trikuspidalklappe
- v-Welle: Ventrikelsystole

- **Wie verläuft die Kurve unter Beatmung?**

Unter maschineller Beatmung schwankt die Kurve stärker, bedingt durch den zyklischen Anstieg des intrathorakalen Drucks:

- Während der Inspiration fällt der ZVD ab, während der Expiration steigt er wieder an.

- Bei intravasalem **Volumenmangel** sind die Druckschwankungen stärker ausgeprägt und am Kurvenverlauf auf dem Monitor deutlich zu erkennen.

3.2.2 Erweitertes hämodynamisches Monitoring

Hierzu gehören:

- Thermodilution und Pulskonturanalyse (PiCCO), HZV
- Pulmonalkatheter
- Echokardiographie (TEE)

- **Bei welchen Patienten ist ein erweitertes hämodynamisches Monitoring erforderlich?**

- Bei hämodynamischer Instabilität mit Zufuhr kardiovaskulärer Medikamente: PiCCO, TEE, Pulmonalkatheter
- Beim Lungenödem: PiCCO, TEE, Pulmonalkatheter
- Beim Rechtsherzversagen: TEE, Pulmonalkatheter
- Multiorganversagen: PiCCO, gemischt-venöse O₂-Sättigung

3.2.2.1 PiCCO-Monitoring

- PiCCO (Pulse invasive Contour Cardiac Output) misst kontinuierlich das HZV und errechnet verschiedene hämodynamische Parameter.
- Ermöglicht ein umfassenderes und zugleich weniger invasives (kein Pulmonalkatheter erforderlich!) hämodynamisches Monitoring.
- Wird v. a. bei hämodynamisch instabilen Patienten mit Funktionsstörungen des linken Herzens eingesetzt.

■ Was für Katheter werden benötigt?

- Ein Thermodilutionskatheter, der in eine Arterie (bevorzugt die A. femoralis) eingeführt wird,
- ein zentraler Venenkatheter.

■ Mess- und Rechengrößen

Mit dem PiCCO-plus-System werden folgende Parameter aus der arteriellen Druckkurve berechnet:

- Pulskontur-HZV (PC-HZV) in l/min oder PC-Herzindex (PC-CI) in l/min/m², normal 3–5 l/min/m²
- Arterieller Blutdruck (systolisch, diastolisch, Mitteldruck)
- Herzfrequenz
- Schlagvolumen (SV) oder Schlagvolumenindex (SVI), Schlagvolumenvariation (SVV)
- Pulsdruckvariation (PPV)
- Systemischer Gefäßwiderstand (SVR)
- Linksventrikulärer Kontraktilitätsindex dp/dt_{max}

Zusätzlich berechnet das Gerät aus der transpulmonalen Thermodilution folgende Parameter:

- Globales enddiastolisches Volumen (GEDV)
- Intrathorakales Blutvolumen (ITBV) als Indikator der Vorlast des Herzens
- Extravasales, d.h. außerhalb der Lungengefäße befindliches Lungenvolumen (EVLW) als Indikator eines interstitiellen Lungenödems; je höher der Wert, desto kritischer der Patientenzustand

■ PiCCO bei welchen Patienten?

- Hämodynamisch instabile Patienten
- Patienten mit Multiorganversagen

➤ Bei rechtsventrikulären Funktionsstörungen ist dagegen der Pulmonalkatheter vorteilhafter.

■ Fehlmessungen

Mit PiCCO und mit dem Pulmonalkatheter (PKA; Abschn. 3.3.2.2) sind folgende Fehlmessungen möglich:

- Eine Klappeninsuffizienz vor dem Messort führt aufgrund wiederholter Indikatorpassagen zu falsch niedrigen HZV-Werten.
- Bei intrakardialen Shunts liefern weder PiCCO noch PKA korrekte HZV-Werte.
- Aortenaneurysmen und größere Perfusionstörungen der Lunge verfälschen die volumetrischen Parameter.
- Extreme Veränderungen der Körpertemperatur begrenzen beide Verfahren.
- Bei intraaortaler Ballongegenpulsation (IABP) ist die kontinuierliche PiCCO-Messung nicht einsetzbar.
- Massivtransfusionen und -infusionen verfälschen die gemessenen Temperaturkurven.
- Falsche Eingaben von Körpergewicht und Größe führen zu Fehlberechnungen der Indexparameter, ebenso falsche Eingaben der Injektionsmenge bei der Thermodilution.
- Ein erheblicher Totraum zwischen Injektionsort und Gefäß verfälscht die HZV-Messung.

3.2.2.2 Pulmonalkatheter

Definition Mehrlumiger Ballonkatheter, dessen Spitze in der Pulmonalarterie liegt. Dient der Überwachung hämodynamisch instabiler Intensivpatienten.

■ Anschlüsse

- **Distal:** Hierüber werden die Pulmonalarteriendrucke und der Wedge-Druck gemessen.
- **Proximal:** Öffnung liegt im rechten Vorhof. Hierüber wird der zentrale Venendruck gemessen und der Kältebolus injiziert, um das HZV zu messen (Thermodilutionsmethode).

- **Ballonzuleitung:** Hierüber wird Luft in den Ballon an der Katheterspitze gespritzt; bei geblocktem Ballon und richtiger Lage der Katheterspitze wird der Lungenkapillarenverschluss über das distale Lumen gemessen.
- **Thermistorverbindung:** An diese Verbindung zum Thermistor im Pulmonaliskatheter wird der HZV-Computer angeschlossen.

■ Was kann mit dem Pulmonaliskatheter gemessen werden?

- Zentraler Venendruck
- Pulmonalarteriendrucke (systolisch, diastolisch, Mitteldruck)
- Lungenkapillarenverschlussdruck (Wedge-Druck)
- Herzzeitvolumen

■ Wann wird der Pulmonaliskatheter eingesetzt?

Wegen der erheblichen Risiken, v. a. bei längerer Anwendung, wird der Pulmonaliskatheter nur noch selten beim Intensivpatienten eingesetzt, z. B. zur Überwachung bei schwersten Störungen der (rechtsventrikulären) Herz-Kreislauf-Funktion.

Mögliche **Indikationen** sind:

- Kardiogener Schock
- Pulmonale Hypertonie
- Akutes Rechtsherzversagen bei ARDS
- Überwachung einer NO-Inhalationstherapie
- Sepsis mit instabiler Herz-Kreislauf-Funktion
- Überwachung der medikamentösen Therapie oder der intraortalen Ballongegenpulsation bei schwerster Herzinsuffizienz

■ Wie wird der Katheter eingeführt?

Der Katheter wird meist über eine Schleuse in der rechten V. jugularis interna – unter kontinuierlicher Druckkontrolle auf dem Monitor – in eine Pulmonalarterie vorgeschoben.

Messwerte des Pulmonaliskatheter

Pulmonalarteriendrucke

- Anschluss des Druckaufnehmers an die distale Katheteröffnung
- Nach Nullabgleich und Kalibrierung kann der Pulmonalarteriendruck kontinuierlich gemessen werden.
- **Normalwerte** des Pulmonalarteriendrucks:
 - Systolisch: 15–28 mmHg (Mittel 24)
 - Diastolisch: 5–16 mmHg (Mittel 10)
 - Mitteldruck: 10–22 mmHg (Mittel 16)

Lungenkapillarenverschlussdruck (Wedge-Druck)

- Zunächst muss der Ballon an der Katheterspitze vorsichtig mit ca. 1 ml Luft geblockt werden.
- Dann schwimmt sich der Katheter mit wenigen Herzschlägen selbst in die Wedge-Position.
- In dieser Position entspricht der Druck an der Katheterspitze angenähert dem linken Vorhofdruck (LAP) und dem linksventrikulären enddiastolischen Druck (LVED).

➤ Sobald der Wedge-Druck gemessen worden ist, muss der Ballon wieder entblockt werden, damit kein Lungeninfarkt auftritt!

- **Normalwerte** des Wedge-Drucks: 5–16 mmHg (Mittel 9 mmHg)

Herzzeitvolumen

- Der Anschluss des Temperaturfühlers im Pulmonaliskatheter wird mit dem HZV-Computer verbunden.
- Dann werden einige ml kalte Lösung in die proximale Öffnung (rechter Vorhof) des Katheters gespritzt. Die kalte Lösung strömt zum Temperaturfühler nahe der Katheterspitze; auf ihrem Weg wird sie erwärmt.
- Der Computer errechnet aus der Verdünnung des Kältebolus das Herzzeitvolumen oder den Herzindex (Cardiac Index, CI = HZV/Körperoberfläche).
- **Normalwerte** des HZV: 5–6 l/min

Gemischtenvenöses Blut

- Aus der distalen Katheteröffnung kann gemischtenvenöses Blut entnommen werden, um die Blutgase und Säure-Basen-Parameter zu bestimmen.

- **Risiken und Komplikationen des Pulmonalkatheters?**

Die Pulmonalkatheter ist ein risikoreiches Instrument:

- Arrhythmien: v. a. beim Verschieben
- Ballonruptur: bei zu starker Blockung
- Lungeninfarkt: durch zu lange dauernde Wedge-Position
- Ruptur der Pulmonalarterie: durch zu starkes Blocken des Ballons. Darum: behutsam füllen!
- Schädigungen der Herzklappen können bereits nach wenigen Stunden auftreten. Darum den Katheter niemals unnötig lange liegen lassen.
- Knotenbildung: Tritt besonders leicht auf, wenn der Katheter zu weit in den rechten Ventrikel vorgeschoben wird und nicht in die Pulmonalarterie gelangt.

3.2.2.3 Messung des linken Vorhofdruckes

- Wird über einen intraoperativ in den linken Vorhof eingelegten Katheter gemessen
- Dient der Überwachung der Funktion des linken Herzens nach herzchirurgischen Eingriffen.
- **Normalwerte** des LAP: 4–12 mmHg (Mittel 7 mmHg)

3.2.2.4 Transösophageale Echokardiographie (TEE)

- Die TEE-Sonde wird in den Ösophagus vorgeschoben.
- Das Verfahren ist genauer als die transthorakale Echokardiographie.
- **Was kann mit der TEE beurteilt werden?**
- Struktur und Funktion der Klappen, pathologische Veränderungen

- Ventrikelfunktion/Myokardkontraktilität bei hämodynamisch instabilen Patienten
- Volumenstatus (Füllungsverhältnisse) des Herzens

- **Einsatz beim Intensivpatienten**

Die TEE gehört zum Standard bei herzchirurgischen Patienten, wird jedoch auch bei anderen Intensivpatienten eingesetzt, v. a., um eine instabile Hämodynamik einzuschätzen:

- Vorlast, Nachlast, Kontraktilität und Klappenfunktion des Herzens
- Linksventrikuläre Ejektionsfraktion (LV-EF)
- Die **Leitlinien** empfehlen die TEE:
- Wenn der Patient hämodynamisch instabil ist oder auf die hämodynamische Therapie nicht anspricht
- Um die Art eines Schockzustands abzuklären
- Bei Verdacht auf Lungenembolie bzw. Perikardtamponade
- Beurteilung des Volumenstatus
- Beim Lungenödem
- Ausschluss einer Aortendissektion, Endokarditis oder von Vorhofthromben

3.3 Überwachung der Atemfunktion

Atemstörungen gehören zu den häufigsten Gründen für eine Intensivbehandlung. Daher spielt die Überwachung der Atemfunktion eine zentrale Rolle.

Überwachungsparameter der Atemfunktion

- **Ventilation**
 - Atemfrequenz
 - Atemzugvolumen
 - Atemminutenvolumen

3.3 · Überwachung der Atemfunktion

- Vitalkapazität
- Compliance des Respirators
- **Pulmonaler Gasaustausch:**
 - Pulsoxymetrie: kontinuierlich
 - Arterielle Blutgase: wiederholt; Häufigkeit nach Bedarf
 - Shunt-Durchblutung: zu berechnen bei besonderen Fragestellungen
 - Alveoloarterielle Gradienten der Blutgase pO_2 und pCO_2 : zu berechnen bei besonderen Fragestellungen

3.3.1 Pulsoxymetrie

- Nichtinvasives Basisverfahren zur kontinuierlichen (Schlag für Schlag) Überwachung der **Oxygenierung** (O_2 -Sättigung) des arteriellen Hämoglobins und damit der O_2 -Aufnahme in der Lunge.
- Gemessen wird die partielle oder funktionelle O_2 -Sättigung (SpO_2)¹ im Blut.
- **Mögliche Messorte:** Finger, Zehen, Stirn, Ohr, Nasenrücken, Lippen

Partielle O_2 -Sättigung Prozentualer Anteil des oxygenierten Hämoglobins (HbO_2) am Gesamt-Hb (Oxy-Hb + Desoxy-Hb + CO-Hb + Methämoglobin):

$$SpO_2 = HbO_2 / (HbO_2 + Hb)$$

SpO_2 -Normalwerte: 96–98 %

Zu beachten

Bei einer SpO_2 von 90 % beträgt der paO_2 nur noch 60 mmHg!

- **Was misst und zeigt das Pulsoxymeter an?**
 - Angezeigte Parameter:
 - Partielle O_2 -Sättigung (SpO_2) im arteriellen Blut
 - Pulsfrequenz
 - Pulskurve
 - Die Werte und die Kurve müssen auf dem Monitor kontinuierlich angezeigt werden.
 - Die Messwerte werden normalerweise innerhalb weniger Sekunden angezeigt. Pulssuche des Sensors, eingeschränkte Durchblutung der Messstelle und Bewegungen können die Anzeige der Messwerte aber stark verzögern.
 - Die Messgenauigkeit ist hoch, nimmt aber ab, wenn die O_2 -Sättigung auf unter 80 % fällt.
 - Dunkle Hautfarbe hat keinen Einfluss auf die Messwerte.
 - Die Messung setzt voraus, dass der Messort ausreichend durchblutet wird.

Zu beachten

Die Messung ist nur über **pulsierenden** Arterien möglich. Wenn kein Puls vorhanden ist, werden auch keine Messwerte und keine Pulskurve angezeigt.

- **Wofür Pulsoxymetrie beim Intensivpatienten?**
 - Zu kontinuierlichen Überwachung der Oxygenierung
 - Als Warninstrument bei akutem Abfall der O_2 -Sättigung des Blutes, z. B.
 - Während des Absaugens der Lunge
 - Bei Bronchoskopien
 - Bei technischen Komplikationen
 - Bei Lagerungsmanövern, Physiotherapie
 - Bei der Entwöhnung vom Respirator
 - Nach der Extubation

¹ Das „p“ kennzeichnet die pulsoxymetrisch bestimmte O_2 -Sättigung und unterscheidet sie von der direkt im Blut gemessenen.