

4.9 Monitoring, Beatmung, Weaning

Frage 340

- Was tun Sie bei einer pulsoxymetrisch gemessenen Sauerstoffsättigung von 82 – 85%?
- Kontrolle des Sensors auf korrekte Applikation am Patienten und Entscheidung, ob der Wert zum Patienten passt. Beachten Sie auch die Signalqualität in der pulsoxymetrischen Sättigungskurve auf dem Monitor. Die physikalischen Voraussetzungen der Pulsoxymetrie bestehen in der Messung zweier Wellenlängen für oxygeniertes und desoxygeniertes Hämoglobin. Bei einem Wert von 82% kreuzen sich die Kennlinien und bilden damit den blinden Fleck der Pulsoxymetrie, das heißt, der Wert kann stimmen, kann aber im Extremfall auch bei absoluter Desaturation und pulssynchroner Bewegung (CPR) des Sensors erzeugt werden.

Frage 341

- Welche Besonderheit besteht bei Patienten mit einem Continuous Flow LVAD (Kunstherz, z. B. De Bakey, Berlin-Heart) hinsichtlich der Pulsoxymetrie?
- Wie der Name schon sagt, erfordert die Pulsoxymetrie das Vorhandensein eines Pulses. Bei einem laminaren oder nicht pulsatilen Flussprofil unter einem LVAD fehlt diese Komponente der Pulsoxymetrie und die Standardgeräte können keinen Wert anzeigen.

Frage 342

- Macht es Sinn, die Durchblutung einer minderperfundierten Extremität mittels pulsoxymetrisch gemessener Sättigung (SpO_2) zu überwachen?
- Nein! Pulsoxymeter sind in der Lage, auch kleinste Pulssignale millionenfach zu verstärken, um einen Sättigungswert zu errechnen.

Daher sagt auch eine gute Sättigung nichts über die Durchblutung einer Extremität aus, jedoch können moderne Geräte auch die Signalintensität anzeigen.

Frage 343

- Welche Aussagekraft besitzt die atemsynchrone Schwankung einer arteriellen Druckkurve im Vergleich zum ZVD?
- Der Nachweis einer atemsynchronen Schwankung der arteriellen Druckkurve (systolic pressure variation, SPV) weist auf einen Volumenmangel hin, wohingegen der absolute ZVD-Wert keinen direkten Hinweis geben kann. Bei ausreichender Zufuhr von Flüssigkeit verschwindet diese Schwankung. Moderne Monitoringsysteme sind in der Lage, die SPV oder PPV (pulse pressure variation) zu quantifizieren. Werte bis 7 oder 8 indizieren noch eine Normovolämie, Werte darüber eine Hypovolämie (z. B. entspricht eine PPV von 15 – 20 einer ausgeprägten Hypovolämie).



Frage 344

- Welche Bedeutung hat der Rapid Shallow Breathing Index und wie wird er berechnet?
- Der RSBI ist der Quotient aus Atemfrequenz und Tidalvolumen in Litern. Er dient zur Abschätzung des Weaningerfolgs bei beatmeten Intensivpatienten. Werte unter 105 bei jungen und unter 130 bei alten Menschen gelten als Indikator für einen erfolgreichen Weaningversuch.

Frage 345

- Welche Aussagekraft besitzt die zentralvenöse Sauerstoffsättigung und wo wird sie gemessen?
- Die zentralvenöse Sauerstoffsättigung wird in der oberen Hohlvene kurz vor dem rechten Vorhof gemessen, dazu dient ein normaler ZVK. Der erhaltene Messwert ist ein Zeichen

für die Ausschöpfung des angebotenen Sauerstoffs aus dem Blut. Bei einer niedrigen Herzleistung kommt es zu einer erhöhten Sauerstoffausschöpfung. Als Zielwert für die zentralvenöse Sättigung gelten 70%.

Über lange Zeit wird die zunehmende Perikardtamponade kompensiert, bis plötzlich der Platz verbraucht ist. Das Herz kann sich nicht mehr füllen und es resultiert eine kardiale Globalinsuffizienz.

Frage 346

Welche einfache Methode gibt es für die Messung des intraabdominellen Drucks z.B. bei Verdacht auf ein abdominelles Kompartmentsyndrom?

Der intraabdominelle Druck kann mithilfe eines einfachen Blasenkatheters bestimmt werden. Dazu werden 50 ml sterile Kochsalzlösung in die vorher entleerte Blase gefüllt und der sich einstellende Druck über einen Druckaufnehmer oder eine Wassersäule gemessen.

Frage 347

Wie kann die Messung des ZVD sinnvoll angewendet werden?

Der ZVD sollte nicht als statischer, sondern als dynamischer Wert betrachtet werden. Ein einzelner Absolutwert sagt wenig über die tatsächliche Füllung des venösen Systems aus, da er vielen Einflussgrößen unterliegt. Betrachtet man jedoch die Veränderungen des ZVD bei gleichen Bedingungen über mehrere Messzeitpunkte, so lässt sich viel über den Volumenstatus und die Volumenreaktion des Patienten aussagen.

Frage 348

Wofür ist besonders bei kardiochirurgischen Intensivpatienten ein plötzlicher Anstieg des ZVD ein Alarmsignal?

Der plötzliche Anstieg des ZVD, also die Dynamik des ZVD bei kardiochirurgischen Patienten, sollte den Verdacht auf eine Perikardtamponade nahelegen. Ähnlich den Zuständen im Schädel bei Hirndruck unterliegt der Druck im Perikard einer exponentiellen Charakteristik:

Frage 349

Welcher Art der Hirndruckmessung ist bei Verdacht auf erhöhten Hirndruck der Vorzug zu geben?

Die intraventrikuläre Hirndruckmessung ist das Mittel der Wahl. Nach Studienlage besitzt dieses Verfahren eine niedrige Komplikationsrate bei Anlage und eine niedrige Infektionsrate. Im Gegensatz zu anderen Verfahren, wie der Messung im Parenchym oder epidural, lassen sich weitere Parameter gewinnen (z. B. die Compliance). Außerdem kann Liquor entnommen oder ein Antibiotikum appliziert werden.

Frage 350

Bei der Umlagerung eines Patienten von Rechts- in Linksseitenlage kommt es zu einer signifikanten Verbesserung der Oxygenierung. Welcher ist der gesunde Lungenflügel?

Der linke Lungenflügel ist der bessere Lungenflügel, da es in der abhängigen Lunge zu einer verbesserten Durchblutung kommt und gleichzeitig zu einem Steal-Phänomen in der oben liegenden Lunge. Die oben liegende Lunge wird allerdings besser belüftet als die unten liegende. Therapeutisch wird der Euler-Liljestrand-Mechanismus genutzt, da besser belüftete Lungenareale auch besser durchblutet werden. Dadurch kann sich die schlechtere Lunge verbessern.
Es gilt der Grundsatz „the good lung down“.

Frage 351

?

Welcher Wert sagt mehr über die Gewebeoxygenierung aus: die arteriell oder die pulsoxymetrisch gemessene Sauerstoffsättigung?

!

Der pulsoxymetrisch gemessene Wert sagt mehr über das Sauerstoffangebot in der Mikrozirkulation aus als der arteriell gemessene, da dieser nur als globaler Angebotsparameter gewertet werden kann.

Frage 352

?

Was passiert oberhalb des oberen Inflextionspunktes, was unterhalb des unteren Inflextionspunktes der Druck-Volumen-Kurve beim beatmeten Patienten?

!

Zwischen oberem und unterem Inflextionspunkt findet die elastische Dehnung des Lungengerüsts statt. Oberhalb des oberen Inflextionspunktes kommt es jedoch zu einer plastischen Verformung der Fasern mit Zerreißung und Zerstörung der Struktur. Unterhalb des unteren Inflextionspunktes findet keine Luftbewegung statt, da erst der dazugehörige Druck überwunden werden muss, um eine Volumenänderung zu ermöglichen.

Frage 353

?

Wo hat die Messung des arteriellen Drucks beim Patienten mit Hirndruckzeichen zu erfolgen?

!

Auf gleicher Höhe wie die Hirndruckmessung: etwa in Höhe des äußeren Gehörganges. Aus der Differenz von MAP und ICP ergibt sich der zerebrale Perfusionsdruck (CPP). Es wäre physikalisch völlig unsinnig, einen Perfusionsdruck zu berechnen, dessen Determinanten (hier MAP und ICP) an zwei unterschiedlichen physikalischen Bezugspunkten gemessen werden.

Frage 354

?

Worauf weist ein niedriger systemvaskulärer Widerstand hin?

!

Auf die Freisetzung von Mediatoren, z.B. bei einer anaphylaktischen Reaktion, bei einer Sepsis oder die Behandlung mit Vasodilatatoren.

**Frage 355**

?

Wofür wird der Messwert p 0,1 herangezogen?

!

Der p 0,1 ist der Druck, den ein Patient 100 ms nach Verschluss des Inspirationsventils zu erzeugen in der Lage ist. Dieser Druck (Sog) ist ein Maß für die Kraft der inspiratorischen Muskeln und damit ein Prädiktor für einen erfolgreichen Weaningversuch.

Frage 356

?

Wie wird die Compliance der Lunge bestimmt und wofür ist sie ein Messwert?

!

Die Compliance der Lunge beschreibt die Volumenzunahme der Lunge abhängig vom Druck (Quotient aus Volumen und Druck). Beim gesunden, aufrecht stehenden Menschen beträgt die Compliance 100. Beim Emphysematiker ist sie vergrößert, beim ARDS-Patienten erniedrigt. Durch die bei liegenden Patienten infolge des Drucks der Abdominalorgane in Richtung Zwerchfell geänderten Verhältnisse werden auch hier niedrigere Werte für die Compliance gemessen.

Frage 357

?

Wie wird die Resistance der Lunge bestimmt und wofür ist sie ein Messwert?

!

Die Resistance beschreibt den Atemwegswiderstand des Patienten und des Beatmungssystems (Tubus). Nach Ohm ist der Widerstand proportional zur Spannung, d.h. zum Beat-

mungsdruck, und umgekehrt proportional zur Stromstärke, d. h. zum Fluss, also zur Volumenänderung pro Zeit.

Frage 358

❓ Warum ist der MAP bei eingeschalteter IABP niedriger als bei ausgeschalteter?

❗ Die Hauptwirkmechanismen der IABP sind die Verbesserung der Koronardurchblutung in der Diastole und die Verminderung der ventrikulären Nachlast. Durch Senkung der Nachlast kommt es zu einer Abnahme der linksventrikulären Vorspannung (und damit zu einer Verringerung des Sauerstoffverbrauchs) und folglich auch zu einer Senkung des systolischen Drucks. Hieraus resultiert auch ein erniedrigter MAP.

Frage 359

❓ Beschreiben Sie den Wirkmechanismus von Stickstoffmonoxid. Wo findet NO Anwendung in der Intensivmedizin?

❗ Die Wirkung von NO besteht in der Relaxation der glatten Muskelzellen in der Tunica muscularis der Blutgefäße. Muskelzellen sind jedoch nur auf der arteriellen Seite des Blutgefäßsystems vorhanden, daher besteht die Wirkung in der Senkung der Nachlast. Systemisch appliziertes NO führt zu einer Dilatation der Gefäße auf der arteriellen Seite mit Abnahme der Nachlast und Abnahme des Blutdrucks.

Die Anwendung von NO in der Intensivmedizin besteht daher hauptsächlich in der topischen Applikation von NO als Beimischung zum Atemgas. Durch geeignete Wahl der applizierten Menge kann eine systemische Wirkung weitestgehend verhindert werden. Indikationen sind die Senkung der Nachlast des rechten Ventrikels, z. B. bei pulmonalem Hypertonus insbesondere im Rahmen einer Herztransplantation, sowie die Verbesserung des Ventilations-Perfusions-Verhältnisses bei Patienten mit akutem Lungenversagen.

Leider konnte bisher in keiner Studie eine Verbesserung der Mortalität bei mit NO behandel-

ten Patienten gegenüber nicht mit NO behandelten Patienten nachgewiesen werden.

Frage 360

❓ Kennen Sie weitere Medikamente, die eine ähnliche Wirkung aufweisen wie NO?

❗ Die Klasse der Prostazykline zeigt eine ähnliche Wirkung auf die glatten Muskelzellen. Auch Prostazykline lassen sich topisch einsetzen, denn sie können vernebelt werden (Iloprost/Flolan). Für die systemische Therapie der chronischen pulmonalen Hypertonie sind Prostaglandinhemmer zugelassen, dazu zählen Sildenafil (Revatio, Viagra) oder Tadalafil (Cialis). Ihre Wirkung besteht ebenfalls in der Vasodilatation auf der arteriellen Seite des Gefäßbettes.

Frage 361

❓ Welche Wirkung haben Beta-2-Sympathomimetika beim Lungenversagen?

❗ Beta-2-Sympathomimetika wie Terbutalin oder Salbutamol lassen sich inhalativ verabreichen. Durch die Bronchodilatation kommt es zu einer Verminderung des Atemwegswiderstands, die es erlaubt, die Inspirationsdrücke zu senken. Des Weiteren kommt es zu einer verbesserten Ödemclearance in den Alveolen und damit zu einem erleichterten Sauerstoffübertritt ins Blutgefäßsystem.

Frage 362

❓ Worin besteht der Hauptunterschied zwischen volumenkontrollierter Beatmung und druckkontrollierter Beatmung?

❗ Beide Beatmungsformen unterscheiden sich hinsichtlich ihres Flow-Profiles. Bei der volumenkontrollierten Beatmung wird die Applikation des vorgegebenen Volumens dadurch erreicht, dass das Atemgas mit einem konstanten Fluss in den Patienten fließt. Daraus resultiert ein kontinuierlich steigender Druck. Im

Gegensatz dazu spricht man bei der druckkontrollierten Beatmung von einem dezelerierenden Flow. Das bedeutet, dass nach initial hohem Flow der Atemgasfluss kontinuierlich abnimmt. Der eingestellte Druck wird bereits zu Beginn der Inspiration durch einen hohen Gasfluss erreicht und dann durch den abnehmenden Gasfluss bis zur Exspiration aufrecht erhalten.

Frage 363

? Beschreiben Sie den Hauptunterschied zwischen den beiden druckkontrollierten Beatmungsformen BIPAP und PCV.

! Bei beiden Beatmungsformen ist es möglich, 2 Druckniveaus zu erzeugen, d. h. ein Druckniveau für die Inspiration und ein Druckniveau für den PEEP. Bei PCV ist es dem Patienten jedoch nicht möglich, auf beiden Druckniveaus selbst zu atmen. Dies liegt in der Ventilatortechnik begründet. Bei PCV wird in der Inspiration das Exspirationsventil verschlossen, jeder zusätzliche Einatemversuch würde zu einer Drucksteigerung in der Lunge führen, da eine Ausatmung nicht zugelassen wird. Bei BIPAP hingegen bleiben Exspirations- und Inspirationsventil zu allen Zeiten geöffnet. Der Druck wird nur über die Anpassung des Atemgasflusses erzeugt. Der Patient kann daher jederzeit eigene Atemzüge hinzufügen.

Frage 364

? Was versteht man unter einer ventilatorinduzierten diaphragmatischen Dysfunktion (VIDD)?

! Bereits nach kurzer Beatmungsphase lässt sich bei Intensivpatienten eine VIDD nachweisen. Sie beruht auf der Abnahme der Kontraktilität der Muskelfasern des Zwerchfells. Molekularbiologisch lassen sich eine Entzündung und Dilatation der Muskelzellen des Zwerchfells nachweisen.

Nach längerer Beatmungszeit kommt es zusätzlich zu einer Desynchronisation der an der Atmung beteiligten Muskeln. Typischerweise sieht man bei einem Einatmungsversuch

eine Erweiterung des Thorax, aber gleichzeitig eine Erschlaffung des Zwerchfells mit Höhertreten der Zwerchfellkuppel. Die Folge ist eine geringere Atemtiefe bei gleicher Atemarbeit.

Frage 365

? Beschreiben Sie die Wirkmechanismen der Inverse Ratio Ventilation (IRV).

! Die IRV wird bei Patienten mit einer Oxygenierungsstörung eingesetzt. Die Verbesserung der Oxygenierung resultiert aus 3 Faktoren:

- Verlängerung der Einatmungsdauer gegenüber der Ausatmungsdauer. Dadurch erhöht sich die Sauerstoffkonzentration in der FRC und die Kontaktzeit des Blutes mit dem Sauerstoff wird verlängert.
- Aufbau eines intrinsischen PEEP. Wegen der Verkürzung der Ausatmungsdauer kommt es zum Verbleib von Atemgas in der Lunge und damit zu einer kontinuierlichen Dehnung der Alveolen. Die Folge ist eine Erhöhung der FRC.
- Die konsekutive permissive Hyperkapnie führt durch die Azidose zu einer Linksverschiebung der Sauerstoffbindungskurve. Bei niedrigen pH-Werten ist die Sauerstoffabgabe im Gewebe erleichtert und die Gewebeoxygenierung verbessert sich.

Frage 366

? Welche typischen Weaningverfahren kennen Sie?

! Weaningverfahren gibt es sicherlich so viele, wie es Intensivmediziner gibt. Exemplarisch soll hier auf 3 Verfahren eingegangen werden:

- **Weaning über CPAP:** Die maschinelle Beatmung wird beendet und dem Patienten wird ein kontinuierlicher positiver Atemwegsdruck angeboten, auf dem er atmen kann. Der Vorgang des Weanings besteht in der Veränderung der Häufigkeit der Spontanatmungsversuche und in der Verlängerung der Spontanatmungsphasen. Eine Übergangsform stellt das Weaning über BIPAP dar.
- **Weaning über BIPAP:** Das Prinzip des Weanings über BIPAP besteht in der Angleichung



der beiden Beatmungsniveaus. Dabei werden im Verlauf des Weanings beide Niveaus auf ein CPAP-Niveau eingestellt, sodass der Patient auf einem kontinuierlichen Atemwegsdruck atmet.

- **Weaning über ASB:** Bei der Beatmungsform ASB wird die Einatmungsanstrengung des Patienten anhand des inspiratorischen Atemgasflusses gemessen. Bei einem bestimmten eingestellten Wert wird die Einatmung durch einen Einatemhub unterstützt, der durch das obere Druckniveau definiert ist. Das Weaning besteht in der Verringerung des unterstützenden Einatmungshubes und in der Erhöhung der Triggerschwelle, ab der die Eigenatmung unterstützt wird.

Alle Weaningverfahren haben Vor- und Nachteile. Es hat sich jedoch in mehreren Studien gezeigt, dass das Weaning über wiederholte Spontanatmungsversuche mit CPAP-Unterstützung gegenüber dem Weaning über ASB hinsichtlich der Entwöhnungsdauer Vorteile bietet. Weiter verkürzen ließ sich die Beatmungs- und Entwöhnungsdauer durch Einführen von Weaningprotokollen gegenüber dem ausschließlich expertenbasierten Weaning.

Frage 367

- ?
- Beschreiben Sie eine typische Respiratoreinstellung bei einem ARDS-Patienten.**

!

Aus der ARDS-Network-Studie wurden Empfehlungen für die Respiratoreinstellung bei ARDS-Patienten abgeleitet. Eine Verbesserung des Outcome bei ARDS lässt sich erzielen, wenn sich die Atemhubvolumina zwischen 6 und 8 ml/kg KG bewegen und ein Alveolarkollaps verhindert wird. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von einem Volutrauma. Höhere Volumina führen zu einer Überextension der Alveolen mit Untergang der Alveolarepithelzellen. In diesem Zusammenhang ließ sich nachweisen, dass eine kontinuierliche Extension, verursacht durch einen hohen PEEP, eine weniger schädigende Wirkung auf die Epithelzellen hat als eine hohe Atemwegsdruckamplitude mit bei jedem Atemzug auftretenden Scherkräften. Fasst man die Ergebnisse zusammen, dann sollte als PEEP derjenige Wert ein-

gestellt werden, bei dem ein Alveolarkollaps sicher verhindert werden kann, und als Atemhubvolumen ein Wert zwischen 6 und 8 ml/kg KG. Ein Vorteil der druckkontrollierten Beatmung gegenüber der volumenkontrollierten Beatmung konnte bisher nicht nachgewiesen werden. Um jedoch ein zusätzliches Barotrauma zu verhindern, favorisieren etliche Intensivmediziner die druckkontrollierte Beatmungsform.

Frage 368

- ?
- Ist ein ARDS frühzeitig (innerhalb der ersten 12 Stunden) radiologisch erkennbar?**

!

Nein, in der Regel wird das exsudative Stadium erst nach 12 Stunden in ein proliferatives Stadium übergehen, die Differenzialdiagnose Lungenödem wird erst später eindeutig anhand des klinischen Bildes gestellt.

Frage 369

- ?
- Welche Beatmungsstrategien reduzieren das Ausmaß eines ARDS?**

!

Die druckkontrollierte, volumenadaptierte Beatmung (Atemzugvolumen 6 ml/kg KG). Grundlage ist dabei die durch den Intensivmediziner Amato bekannt gewordene Strategie der protektiven Ventilation, die besonders bei ALI/ARDS ausgeprägteren Schweregrades günstige Effekte belegen konnte. Zur protektiven Ventilation gehören niedrige Tidalvolumina zur Reduktion von Scherkräften, inspiratorische Spitzendrücke unter 40 mbar, CPAP-Rekrutementmanöver, Verwenden des idealen PEEP (oberhalb des unteren Umschlagpunktes), Invertieren des Atem-Zeit-Verhältnisses vor FiO₂-Steigerung über 50% und permissive Hyperkapnie.

Frage 370

? Worin besteht der Unterschied zwischen Barotrauma und Volutrauma?

- !** • Das **Barotrauma** bezieht sich überwiegend auf das Stützgerüst der Lunge. Ab einem bestimmten Druckwert geht die elastische Verformung der Gerüstfasern in eine irreversible plastische Verformung über. Es kommt zur Zerreißung der Alveolen mit Ausbildung von Bullae und im Extremfall zu einer Emphysemulnge.
- Das **Volutrauma** ist etwas differenzierter zu betrachten, da es neben dem sich ergebenden Barotrauma zusätzlich zu einem Trauma durch Scherkräfte kommt. Molekularbiologisch lassen sich Zytokine als Zeichen einer Entzündung nachweisen.

Zusammenfassend könnte man das Barotrauma als statisches Trauma und das Volutrauma als Kombination aus statischem und dynamischem Trauma bezeichnen.

Frage 371

? Ein 71-jähriger Patient wird nach Aortenklappenersatz intubiert und beatmet auf die Intensivstation verlegt. 4 Stunden postoperativ verschlechtert sich der Gasaustausch und in der radiologischen Thoraxaufnahme zeigt sich eine Unterlappenatelektase rechts. Wie gehen Sie vor?

! Zunächst sollten pulmonale Recruitmentmanöver durchgeführt und die Beatmung entsprechend angepasst werden. Führt auch dies nicht zum Erfolg, ist eine flexible Bronchoskopie indiziert. Mithilfe der Bronchoskopie ist es meist möglich, eine Atelektase zu eröffnen. Anschließend sollte mit großer Sorgfalt auf die Vermeidung einer Reatelektase geachtet und die Beatmung dementsprechend angepasst werden. Nach Extubation des Patienten sollte ein intensives Atemtraining durchgeführt werden.

Frage 372

? Welche Verfahren der Jetventilation kennen Sie und wofür werden sie eingesetzt?

! Es gibt 3 Arten der Jetventilation: die Normalfrequenz-Jetventilation, die Hochfrequenz-Jetventilation und die Superimposed-Hochfrequenz-Jetventilation.

Sollte für operative oder diagnostische Maßnahmen ein offener Atemweg erforderlich sein (z.B. starre Bronchoskopie, Panendoskopie), ist die Normalfrequenz-Jetventilation über ein Broncho- oder Tracheoskop das Mittel der Wahl.

Bei invasiven Operationen an der Trachea, wie z.B. der Tracheateilresektion, wird die Hochfrequenz-Jetventilation bevorzugt, um ein möglichst bewegungsarmes Operationsfeld bei guter Oxygenierung zu erreichen.

Die Superimposed-Hochfrequenz-Jetventilation wird besonders in der Intensivmedizin und Kinderintensivmedizin verwendet, dazu wird eine druckkontrollierte Beatmung mit einer Jetventilation kombiniert.

**Frage 373**

? Was ist der Jeteffekt?

! Die Jetventilation beruht darauf, dass ein großes Gasvolumen durch ein enges Lumen gepresst wird, wodurch die Gasmoleküle auf hohe Geschwindigkeiten beschleunigt werden. Bei Austritt aus der Jetöffnung wird umliegendes Gas mitgerissen (Entrainment), sodass das effektive Volumen weiter gesteigert wird.

Frage 374

? Welche Vor- und Nachteile hat die Jetventilation?

! Die Jetventilation ermöglicht eine hervorragende Oxygenierung des Patienten. Bei steigender Frequenz nimmt der intrinsische PEEP zu, dies führt zu einem alveolären Recruitment, gleichzeitig nimmt jedoch die CO₂-Abat-

mung ab. (Bei der CO₂-Messung im Ausatemgas treten messtechnische Probleme auf.) Um die positiven Eigenschaften zu nutzen und die negativen zu minimieren, wird eine mechanische Ventilation mit der Jetventilation kombiniert, sodass eine gute Oxygenierung und eine kontrollierte CO₂-Elimination resultieren.

4

Frage 375

Welche Möglichkeiten zur Einlungenventilation gibt es?

- ! • Intubation mittels Doppelklemmentubus (Robertshaw- und Carlens-Tubus)
- Einbringen eines Bronchusblockers

Doppelklemmentuben gibt es nur bis zu einer minimalen Größe von 26 Ch, sodass bei Kindern die Bronchusblocker-Technik bevorzugt wird. Es stehen rechts- und linksläufige Doppelklemmentuben zur Verfügung, wobei der linksläufige Tubus jedoch nur selten Verwendung findet. Die Lagekontrolle erfolgt idealerweise bronchoskopisch oder auskultatorisch.

4.10 Verbrennungen, Blut und Blutprodukte, Transfusionsmedizin

Frage 376

Wie entsteht eine Verbrennungskrankheit?

- ! Das Verbrennungstrauma führt hauptsächlich zu einer Hautschädigung unterschiedlichen Ausmaßes. Eine Schädigung tiefer liegender Organe wie der Muskulatur oder der Lunge bei inhalativen Verbrennungen ist nur bei fortgeschrittenen Verbrennungen zu beobachten. Durch die Störung der Integrität der Haut wird je nach betroffener Fläche eine massive Freisetzung von inflammatorischen Mediatoren (Zytokine, Prostaglandine, Stickstoffmonoxid) induziert. Diese bewirken eine drastische Erhöhung der Kapillarpermeabilität mit dadurch bedingten Verlusten von Albumin und anderen Plasmaproteinen in den Interzellularraum (einschließlich 3. Raum), wodurch eine Störung des onkotischen Drucks und eine generalisierte Ödembildung hervorgerufen werden.

