

Anaesthesist 2008 · 57:1015–1034
 DOI 10.1007/s00101-008-1442-7
 Online publiziert: 3. Oktober 2008
 © Springer Medizin Verlag 2008

Redaktion

H.J. Bardenheuer · Heidelberg
 H. Forst · Augsburg
 R. Rossaint · Aachen
 D. Spahn · Zürich



CME.springer.de – Zertifizierte Fortbildung für Kliniker und niedergelassene Ärzte

Die CME-Teilnahme an diesem Fortbildungsbeitrag erfolgt online auf CME.springer.de und ist Bestandteil des Individualabonnements dieser Zeitschrift. Abonnenten können somit ohne zusätzliche Kosten teilnehmen.

Unabhängig von einem Zeitschriftenabonnement ermöglichen Ihnen CME.Tickets die Teilnahme an allen CME-Beiträgen auf CME.springer.de. Weitere Informationen zu CME.Tickets finden Sie auf CME.springer.de.

Registrierung/Anmeldung

Haben Sie sich bereits mit Ihrer Abonnementnummer bei CME.springer.de registriert? Dann genügt zur Anmeldung und Teilnahme die Angabe Ihrer persönlichen Zugangsdaten. Zur erstmaligen Registrierung folgen Sie bitte den Hinweisen auf CME.springer.de.

Zertifizierte Qualität

Diese Fortbildungseinheit ist mit 3 CME-Punkten zertifiziert von der Landesärztekammer Hessen und der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung und damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig. Folgende Maßnahmen dienen der Qualitätssicherung aller Fortbildungseinheiten auf CME.springer.de: Langfristige Themenplanung durch erfahrene Herausgeber, renommierte Autoren, unabhängiger Begutachtungsprozess, Erstellung der CME-Fragen nach Empfehlung des IMPP mit Vorabtestung durch ein ausgewähltes Board von Fachärzten.

Für Fragen und Anmerkungen stehen wir Ihnen jederzeit zur Verfügung:

Springer Medizin Verlag GmbH
Fachzeitschriften Medizin/Psychologie
CME-Helpdesk, Tiergartenstraße 17
69121 Heidelberg
E-Mail: cme@springer.com
CME.springer.de

K. Lewandowski · S. Turinsky

Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie, Elisabeth-Krankenhaus
 Essen, Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Duisburg-Essen, Essen

Beatmung von Patienten mit Adipositas per magna in Anästhesie und Intensivmedizin

Zusammenfassung

Skulpturen aus der Steinzeit weisen darauf hin, dass es möglicherweise schon immer krankhaft übergewichtige Menschen gegeben hat. Heute muss man Übergewicht als eine globale Epidemie mit weitreichenden Konsequenzen für das Gesundheitssystem ansehen. Immer häufiger werden Anästhesisten und Intensivmediziner mit der anspruchsvollen Aufgabe konfrontiert, extrem adipöse Patienten perioperativ zu behandeln. Neben den meist fehlenden logistischen und apparativen Voraussetzungen, ist es die Vielzahl der Begleiterkrankungen und pathophysiologischen Veränderungen des Atemapparates, welche bei diesem Patientenkollektiv zu einem deutlich erhöhten Risiko perioperativer Komplikationen beitragen. Wenn es jedoch gelingt, eine ausgefeilte Logistik, eine sorgfältige präoperative Evaluation, ein adäquates Atemwegsmanagement – inklusive einer lungenprotektiven Beatmung – mit einer adaptierten Narkoseführung und postoperativen Intensivtherapie zu kombinieren, können Intensivtherapiestations- und Krankenhausüberlebensraten mit denen normalgewichtiger Patienten vergleichbar sein.

Schlüsselwörter

Adipositas per magna · Epidemiologie · Atemwege · Maschinelle Ventilation · Lagerung

Mechanical ventilation of morbidly obese patients in anaesthesia and intensive care

Abstract

Sculptures from the Stone Age hint at the possibility that morbidly obese humans have always existed. Today, obesity represents a global epidemic with far-reaching consequences affecting health systems worldwide. Increasingly often, anaesthetists and intensivists are challenged with the treatment of extremely obese patients perioperatively. In addition to insufficient logistics and inappropriate technical equipment, the large number of obesity-related diseases, combined with the distinct pathophysiological changes of the respiratory system, put the morbidly obese patient at a significantly increased risk of perioperative complications. If, however, elaborate logistics and adequate airway management – followed by lung protective mechanical ventilation – are combined with appropriately conducted anaesthesia and intensive care, the morbidly obese patients' intensive care survival rates and hospital survival rates can be similar to those of patients of normal weight.

Keywords

Morbid obesity · Epidemiology · Airways · Mechanical ventilation · Positioning

„Imprisoned in every fat man a thin one is wildly signalling to be let out.“

Cyril Conolly (1903–1974) *The Unique Grave* (1944) pt. 2. Cf. 241: 25

Zielgruppe des vorliegenden Weiterbildungsartikels sind klinisch tätige Anästhesisten und Intensivmediziner, die krankhaft übergewichtige Patienten behandeln. Folgende Inhalte sollen vermittelt werden: historische Aspekte, Darstellung des Krankheitsbildes in den Medien, Epidemiologie, Pathophysiologie des Atemapparates, Herausforderungen des perioperativen Managements sowie Besonderheiten der postoperativen maschinellen Ventilation und Überlebensraten nach Intensivtherapie. Da zum jetzigen Zeitpunkt zu den meisten, das perioperative Vorgehen betreffenden, offenen Fragen keine systematischen Untersuchungen oder spezifischen Leitlinien vorliegen, sollen sinnvolle Vorgehensweisen abgeleitet werden aus 1. Expertenmeinungen, 2. Fallberichten, 3. Humanexperimenten, die sich mit speziellen, für Anästhesie und Intensivmedizin relevanten pathophysiologischen Veränderungen von Übergewichtigen befassen, und 4. einzelnen Metaanalysen. Schließlich werden noch ausgewählte narrative Übersichtsarbeiten evaluiert.

Da schon seit Jahrzehnten bekannt ist, dass bereits Studierende der Medizin, Ärzte und Angehörige von Pflegeberufen Vorurteile gegenüber fettleibigen Menschen haben, soll in diesem Beitrag auch Hintergrundwissen vermittelt werden, das eine negative Voreingenommenheit beim medizinischen Personal abbaut und eine empathische und professionelle Kommunikation mit dem Patienten ermöglicht. Nach sorgfältigem Studium dieses Weiterbildungsartikels sollte der Anästhesist und Intensivmediziner über das aktuelle theoretische Wissen verfügen, das es ihm erlaubt, eine sichere Narkose durchzuführen und die postoperative maschinelle Ventilation den spezifischen Veränderungen des krankhaft Adipösen anzupassen.

Historische Aspekte

Seit Menschengedenken gibt es Hinweise und Beweise, dass Übergewicht ein die Geschichte und Entwicklung des *Homo sapiens* prägendes Problem darstellt. Im August 1908 wurde etwa 67 km südlich von Wien bei Bauarbeiten an der Donaubahn eine Skulptur gefunden: die ► **Venus von Willendorf** (■ **Abb. 1a**). Sie entstand zwischen 30.000–22.000 v. Chr. und wurde in der prähistorischen Zeit vermutlich verehrt. Die Venus von Willendorf war möglicherweise eine Art Göttin mit vorgewölbtem Bauch, üppigen Brüsten und ausladenden Hüften. Aus heutiger Sicht muss man sie als krankhaft übergewichtig bezeichnen. Der Fund gibt Anlass zu 2 Vermutungen: Es gab tatsächlich zu dieser frühen Zeit schon sehr adipöse Menschen, und bei der Venus von Willendorf handelt es sich somit um das Porträt einer krankhaft übergewichtigen Steinzeitfrau, oder aber: Die Figuren wurden vom Künstler bewusst überzeichnet, um einen bestimmten Effekt zu erzielen.

Bei der ► **Venus von Lespugue** (34.000–29.000 v. Chr., ■ **Abb. 1b**) sind lediglich die sekundären Geschlechtsmerkmale in grotesker Größe ausgebildet. Möglicherweise wollte hier der Gestalter auf die Wichtigkeit der Fortpflanzung hinweisen, nicht aber eine übergewichtige Steinzeitfrau porträtieren.

In den späteren vorchristlichen Jahrhunderten wurden wunderschöne, fast ausschließlich schlanke Darstellungen von Frauen geschaffen, wie z. B. die der ► **Aphrodite von Knidos** (Praxiteles, um 400 v. Chr., ■ **Abb. 1c**). Übergewichtige gab es natürlich auch in diesem Zeitraum. Beispielsweise berichten verschiedene historische Quellen über 8 massiv adipöse Herrscher in der Dynastie der Ptolemäer, die mit sozialer und biologischer Inzucht sowie deren medizinischen Problemen geschlagen war. Sie regierten in Ägypten von 322 bis 30 v. Chr. So schreibt der griechische Dichter und Philosoph Athenaeos (170–230 v. Chr.) über König Magas (277–250 v. Chr.): „In seinen letzten Tagen wurde Magas von den monströsen Massen seines eigenen Fleisches niedergedrückt; in der Tat erstickte er sich selbst zu Tode.“ [2]

Über viele Jahre hinweg hat man argumentiert, dass Übergewicht – ähnlich wie das Rauchen – eher ein Risikofaktor für eine Erkrankung oder eine medizinische Kondition wie z. B. Hypertension oder Hypercholesterinämie sei als eine Erkrankung selbst. Damit verbunden waren Diskussionen darüber, ob die Prävention und Behandlung von den Krankenkassen erstattet werden sollten und welche Einstellungen die Öffentlichkeit und die medizinische Gemeinschaft gegenüber Betroffenen einnehmen sollten. Seit einer Konsensuskonferenz der „National Institutes of Health“ (NIH) im Jahre 1985 ist Übergewicht weltweit als chronische Krankheit offiziell anerkannt. Diese Einstufung er-

► Venus von Willendorf

► Venus von Lespugue

► Aphrodite von Knidos

Seit einer Konsensuskonferenz der NIH im Jahre 1985 ist Übergewicht weltweit als chronische Krankheit anerkannt



Abb. 1 ▲ **a** Venus von Willendorf (mit freundlicher Genehmigung des Naturhistorischen Museums Wien), **b** Venus von Lespugue (Zeichnung: Ingrid Schobel), **c** Aphrodite von Knidos (Quelle: wikipedia.de)

scheint sinnvoll, da es sich um eine ► **physiologische Dysfunktion** des menschlichen Organismus handelt, die durch Umweltfaktoren, genetische Prädisposition und endokrinologische Störungen ätiologisch bedingt ist. Gleichzeitig liegt eine typische Konstellation von Symptomen vor, und verschiedene anatomische Veränderungen zahlreicher Organe sind nachweisbar. Schließlich sind auch die negativen Auswirkungen auf die Gesundheit offensichtlich.

Für die Bundesrepublik Deutschland hat der Bundesgerichtshof schon am 21. März 1958 definiert: „Krankheit ist jede Störung der normalen Beschaffenheit oder der normalen Tätigkeit des Körpers, die geheilt, d. h. beseitigt oder gelindert werden kann.“ Nach einer neueren Formulierung wird in der Kranken- und Unfallversicherung unter Krankheit „ein regelwidriger Körper- oder Geisteszustand, der ärztlicher Behandlung bedarf und/oder Arbeitsunfähigkeit zur Folge hat“ verstanden (Bundessozialgericht-Entscheidungen 35, 10, 12 f.).

Das Bild der Adipositas in den Medien

Kaum eine andere Erkrankung ist in den letzten Jahrzehnten so häufig und in so vielen Facetten in den Medien präsentiert worden wie die Adipositas. So sorgte sich die US-amerikanische Presse darum, ob der gesundheitsbewusste Präsident George W. Bush bei einer Körpergröße von 1,83 m, einem Gewicht von 88 kg und einem „Body Mass Index“ (BMI) von $26,4 \text{ kg/m}^2$ übergewichtig sei. Es wurde publik gemacht, dass enorm hohe Kerosinkosten durch den Lufttransport von Fettleibigen anfallen, und in der renommierten Frankfurter Allgemeinen Sonntagszeitung wurde eine Studie vorgestellt, die nachwies, dass für den Fall, dass alle Menschen in den OECD-Ländern jeweils 5 kg abnehmen, es zu einer Senkung des Kohlendioxid (CO_2)-Ausstoßes im Straßenverkehr von 10 Mio. Tonnen pro Jahr käme.

Anfang des Jahres 2008 wurde im Auktionshaus Christie's das Aktgemälde „Benefits Supervisor Sleeping“ des 85 Jahre alten Künstlers Lucian Freud (ein Enkel des berühmten Psychoanalytikers

► Physiologische Dysfunktion

Kaum eine andere Erkrankung ist in den letzten Jahrzehnten so häufig in den Medien präsentiert worden wie die Adipositas

Die Schweregrade der Adipositas werden anhand des BMI unterschieden

Übergewicht ist eine globale Epidemie

► **Nationale Verzehrstudie**

66% der deutschen Männer und 51% der Frauen haben Übergewicht

Tab. 1 Klassifikation der Adipositas und damit verbundener Gesundheitsrisiken der Weltgesundheitsorganisation

	BMI (kg/m ²)	Gesundheitsrisiko
Normal	18,5–24,9	Durchschnittlich
Übergewicht	25,0–29,9	Erhöht
Krankhaftes Übergewicht I	30,0–34,9	Mäßig
Krankhaftes Übergewicht II	35,0–39,9	Schwer
Krankhaftes Übergewicht III	>40	Sehr schwer

Sigmund Freud) von einem anonymen Käufer für 21 Mio. EUR erworben. Noch nie wurde so viel für das Bild eines lebenden Künstlers bezahlt. Das Bild porträtiert eine extrem dicke, nackte Frau, die auf einem Sofa eingeschlafen ist. Das Londoner Modell, „Big Sue“ Tilley (125 kg) hat inzwischen Kultstatus erlangt.

In Deutschland hat ein vom Westdeutschen Rundfunk ausgestrahlter, einfühlsam gedrehter Fernsehfilm mit dem Titel „Die süße Gier der Jacky Duvall“ viel Aufmerksamkeit erfahren. Der Film erzählt die Geschichte des ehemals schwersten Menschen Deutschlands (Größe 2,04 m, Gewicht 360 kg, BMI 86,5 kg/m²), der sich schließlich erfolgreich einer Magenverkleinerung unterzog und inzwischen mehr als 100 kg abgenommen hat.

Epidemiologie

Übergewicht kann sehr einfach definiert werden: „...eine exzessive Ansammlung von Körperfett, die ein Ausmaß erreicht, welches die Gesundheit beeinträchtigt“. Für klinische Zwecke werden, einem Vorschlag der Weltgesundheitsorganisation (WHO) folgend, die in **Tab. 1** aufgelisteten Schweregrade anhand der Veränderungen des BMI (Gewicht in Kilogramm dividiert durch das Quadrat der Körpergröße in Metern) unterschieden.

Zu den zahlreichen Ursachen der Adipositas zählen:

- Fehlernährung,
- Bewegungsmangel,
- genetische Veranlagung,
- Erkrankungen endokriner Organe,
- Schwangerschaft,
- chirurgische Eingriffe im Bereich des Hypothalamus,
- Essstörungen,
- so genannte „Lifestyle-Faktoren“ wie Stress und
- erzwungener oder gewollter Nikotinverzicht.

In den letzten Jahren ist zudem noch deutlich geworden, dass Art und Ausmaß sozialer Beziehungen (adipöse Familienmitglieder, Freunde, Bekannte) zur Entwicklung krankhaften Übergewichts beitragen können [3].

Erstmals 1997 bezeichnete die WHO Übergewicht als „globale Epidemie“. Deutschland zählt zu den besonders stark betroffenen Ländern: Nach einer Untersuchung der „International Association for the Study of Obesity“ (IASO) liegt Deutschland mit 75,4% übergewichtigen Männern und 58,9% übergewichtigen Frauen (BMI ≥ 25 kg/m²) an der Spitze Europas. Fast 20.000 Personen zwischen 14 und 80 Jahren wurden im Rahmen der **Nationalen Verzehrstudie** des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz befragt, wie sie einkaufen, worauf sie bei der Wahl der Lebensmittel achten und ob sie auch noch kochen können. Außerdem wurden die Menschen nach Gewicht und Größe vermessen, und es wurde der BMI berechnet. Die Vermessung ergab Zahlen in einer ähnlicher Größenordnung wie in der Studie der IASO: 66% der deutschen Männer und 51% der Frauen weisen einen BMI ≥ 25 kg/m² auf, jeder fünfte Bundesbürger hat einen BMI >30 kg/m². Experten schätzen, dass in der Bundesrepublik Deutschland mehr als 250.000 Männer und Frauen leben, die mehr als 200 kg wiegen. In diesem Zusammenhang ist folgendes, momentan nur für die USA dokumentiertes Zahlenmaterial, von höchstem Interesse: Das Kollektiv der massiv fettleibigen Patienten (BMI >50 kg/m²) hat in den Jahren 1987–2006 am deutlichsten zugenommen, und zwar um 950% (sic!; [26]; **Abb. 2**).

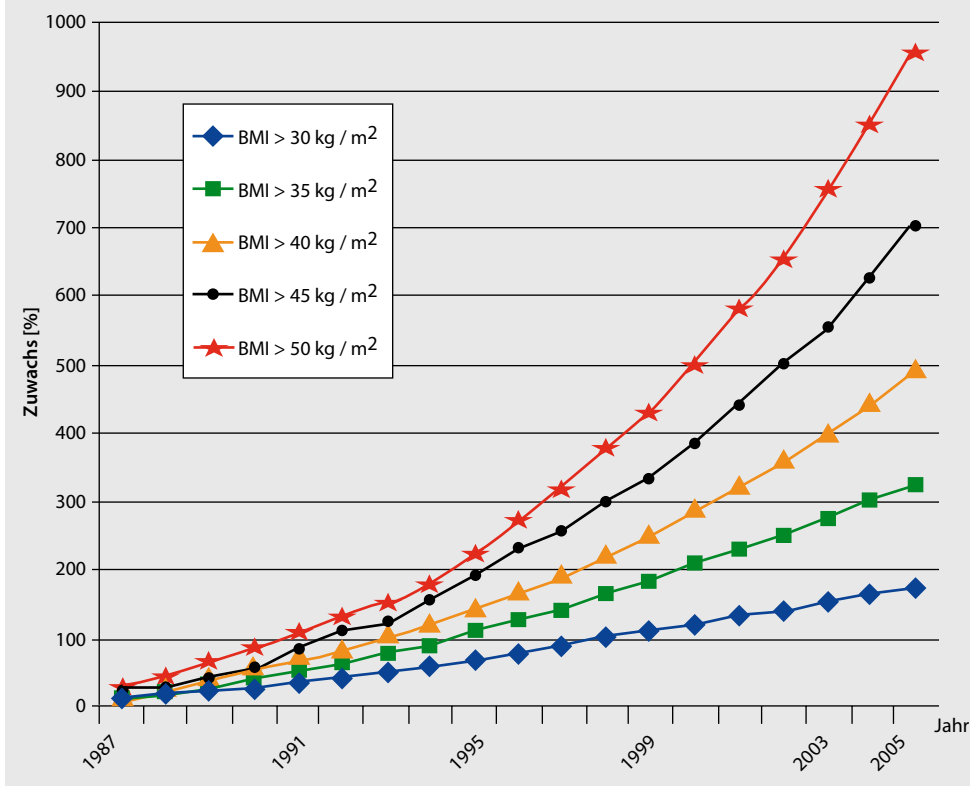


Abb. 2 ▲ Zuwachs der Adipositas in den verschiedenen BMI-Klassen seit 1987 in den USA (Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Verlags, aus [26])

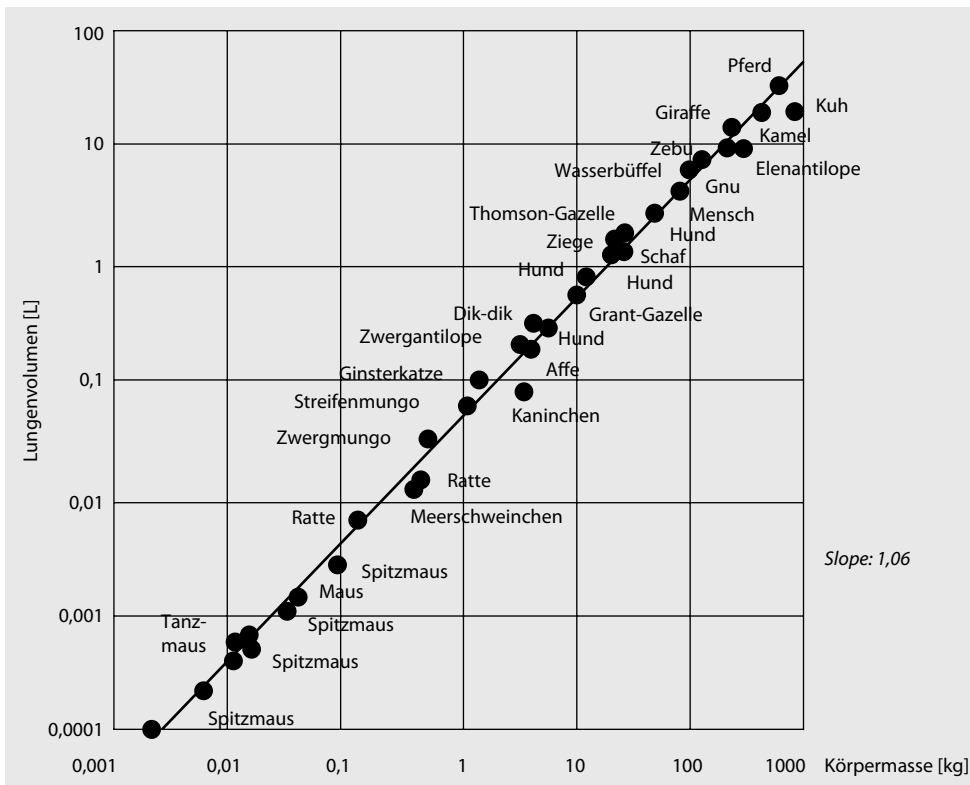


Abb. 3 ▲ Zusammenhang zwischen Körpermasse und Lungenvolumen bei wildlebenden Säugetieren. (Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Verlags, aus [8])

Tab. 2 Veränderungen des Atemapparates bei Übergewichtigen

Parameter	Veränderung
CO ₂ -Sensitivität	↓
Atemzugvolumen	↓
Atemfrequenz	↔ oder ↑
Minutenvolumen	↓ oder ↔
Inspiratorische Kapazität	↓
IRV	↓
ERV	↓↓
VC	↓
FEV ₁	↓ oder ↔
FEV ₁ /VC	↔
TLC	↓↓
Compliance	↓↓
Atemarbeit	↑↑
Resistance	↓
V _A /Q-Fehlverteilung	↑
DLCO	↔
PaO ₂	↓↓
PaCO ₂	↑

Tabelle mod. nach [22, 25]. IRV inspiratorisches Reservevolumen; ERV expiratorisches Reservevolumen; VC Vitalkapazität; FEV₁ forciertes expiratorisches Volumen in der ersten Sekunde; TLC totale Lungkapazität; V_A/Q-Fehlvert. Fehlverteilung der Ventilations-Perfusions-Verhältnisse; DLCO Diffusionskapazität für Kohlenmonoxid; PaO₂ arterieller Sauerstoffpartialdruck; PaCO₂ arterieller Kohlendioxidpartialdruck.

Die Gesamtkosten der Adipositas in Deutschland betragen 0,2% des Bruttoinlandprodukts oder 4,8 Mrd. EUR pro Jahr

Fettleibige Menschen und Raucher belasten das Gesundheitswesen weniger als schlanke Nichtraucher

Der Präventionsgedanke darf nicht verloren gehen!

Fast alle krankhaft Übergewichtigen zeigen abnormale Werte in der Lungenfunktion und der arteriellen Blutgasanalyse

Die Gesamtkosten der Adipositas werden in Deutschland auf 0,2%, in der Schweiz auf 0,6%, in den USA auf 1,2% und in China auf 2,1% des Bruttoinlandproduktes (BIP) geschätzt, was darauf hindeutet, dass die Volkswirtschaften der Entwicklungsländer stärker betroffen sind. Bei einem BIP der Bundesrepublik Deutschland von 2423 Mrd. EUR im Jahr 2007 lässt sich berechnen, dass in Deutschland 4,8 Mrd. EUR pro Jahr für das Problem Adipositas ausgegeben werden.

Während in den letzten Jahrzehnten die öffentliche Aufmerksamkeit ganz auf die gesundheitlichen und finanziellen Auswirkungen des Nikotin- und Alkoholmissbrauchs ausgerichtet war, ist in den USA spätestens seit 2002 bekannt, dass das Problem Übergewicht wesentlich mehr Kosten generiert. Es belastet die Staatskasse in ähnlichem Ausmaß wie Armut.

Bezogen auf das Gesundheitssystem gilt dieser Zusammenhang zwischen Adipositas und Kostensteigerung jedoch nicht. Eine Studie des nationalen Instituts für öffentliche Gesundheit und Umwelt der Niederlande („Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu“, RIVM) zeigt, dass fettleibige Menschen und Raucher das Gesundheitswesen weniger belasten als schlanke Nichtraucher. Der Grund: Gesundheitsbewusste Menschen leben länger. Die RIVM-Wissenschaftler kalkulierten anhand von statistischen Modellen die durchschnittlichen Behandlungskosten für Raucher, fettleibige Nichtraucher und schlanke Nichtraucher. Den Berechnungen zufolge verursachten schlanke Nichtraucher pro Jahr zwar die geringsten Kosten für das Gesundheitswesen. Auf die gesamte Lebenszeit gerechnet belasteten sie das Budget allerdings am meisten.

Die Ergebnisse sollten allerdings nicht dazu führen, den Präventionsgedanken vollständig zu verwerfen. Der Präventionsgedanke darf nicht verloren gehen! Vielmehr muss bedacht werden, dass Kostenersparnis lediglich ein Aspekt im Gesundheitswesen sein darf: „Das Ziel der Gesundheitsfürsorge ist nicht, Geld zu sparen, sondern Menschen vor vermeidbarem Leid und Tod zu bewahren.“ (Luc Bonneux [4])

Pathophysiologie des Atemapparates und klinische Implikationen

Krankhaft übergewichtige Patienten weisen in unterschiedlichem Ausmaß Beeinträchtigungen des Atemapparates auf. Wenn man Lungenfunktionsprüfungen oder arterielle Blutgasanalysen vornimmt, lassen sich bei fast allen dieser Patienten Abweichungen von Normalwerten dokumentieren. Man findet bei diesen Patienten eine niedrige Compliance des gesamten respiratorischen Systems. Sie setzt sich zusammen aus einer niedrigen Compliance der durch Fettgewebe verdickten und



Abb. 4 ▶ Topogramm des Körperstammes eines 60-jährigen Mannes, 1,80 m groß, 120 kg schwer, BMI 37 kg/m²

– in vielen Fällen durch eine thorakale Kyphose deformierten – Brustwand. Doch auch die Compliance der Lunge selbst ist erniedrigt. Hierdurch werden Atemarbeit, Sauerstoff (O₂)-Verbrauch und CO₂-Produktion erhöht. Die niedrige Compliance des respiratorischen Systems und ein durch erhöhten intraabdominellen Druck nach oben verschobenes Zwerchfell führen zu ▶ **herabgesetzter funktioneller Residualkapazität (FRC)**, der Summe aus expiratorischem Reservevolumen und Residualvolumen (RV). Als Folge der beschriebenen niedrigen Compliance des respiratorischen Systems ist auch das totale Lungenvolumen (TLV) reduziert [TLV = Vitalkapazität (VC) + RV]. Insgesamt lässt sich das Muster einer ▶ **restriktiven Lungenerkrankung** dokumentieren.

Normalerweise ist der Pleuradruck niedriger als der atmosphärische Druck, sodass sich ein positiver transpulmonaler Druck ergibt, welcher die Atemwege und Alveolen offen hält. Damit kleine Atemwege (Durchmesser <2–3 mm, keine oder geringe Knorpelanteile) offen bleiben, ist ein ausreichend hoher transpulmonaler Druck notwendig. Das Volumen der Lunge, bei dem kleine Atemwege kollabieren, wird kritisches Verschlussvolumen genannt („critical closing volume“, CCV). Bei gesunden, normalgewichtigen Menschen weisen sämtliche Lungenanteile während des gesamten Atemzyklus ein Volumen oberhalb des CCV auf. Bei krankhaft Übergewichtigen nun sind FRC und besonders das expiratorische Reservevolumen (ERV) reduziert, während RV und CV („closing volume“) normal bleiben. Dies führt schon während Atmung in Ruhelage zu einem Verschluss der kleinen Atemwege in der Expiration.

Die beschriebene Konstellation begünstigt auch die Entwicklung einer ▶ **expiratorischen Flussbehinderung** („expiratory flow limitation“, EFL) und eines intrinsischen positiven endexpiratorischen Drucks (PEEP_i): In einer Untersuchung an 8 Patienten mit einem BMI von 44±5 kg/m² wurde bei 2 Probanden eine EFL im Sitzen und bei 7 eine EFL in Rückenlage nachgewiesen. Damit verbunden waren PEEP_i-Niveaus von teilweise mehr als 5 cmH₂O [17]. Solche PEEP_i-Werte stellen während der Inspiration eine deutliche zusätzliche Last für die Atemmuskulatur dar und vervielfachen die Atemarbeit. Eine Übersicht über die zahlreichen pathophysiologischen Veränderungen des Atemapparates krankhaft Übergewichtiger gibt ▶ **Tab. 2**.

Bei krankhaft Fettleibigen sind die Atemzugvolumina („tidal volume“, V_T) in Relation zur Körpermasse klein; die Ventilation verteilt sich überwiegend zu den oberen Lungenfeldern, während der größte Teil des Blutes zu den basalen Lungenabschnitten fließt. Diese Störungen der Ventilations-Perfusions-Verhältnisse der Lunge resultieren in einer mäßigen ▶ **arteriellen Hypoxämie**.

Leidet nun ein adipöser Patient zusätzlich an einer chronisch obstruktiven Lungenerkrankung (COPD), ist der Atemwegswiderstand durch eine funktionelle und strukturelle Schädigung der kleinen Atemwege noch weiter erhöht. Das chronische „air trapping“ führt zu erhöhter FRC und RV.

Die bei diesem Krankheitsbild ebenfalls gesteigerte Totraumventilation mündet in Störungen der Ventilations-Perfusions-Verhältnisse. Diese Patientengruppe ist demzufolge nicht allein durch

▶ Herabgesetzte funktionelle Residualkapazität

▶ Restriktive Lungenerkrankung

Bei krankhaft Übergewichtigen sind FRC und besonders das ERV reduziert, während RV und CV normal bleiben

▶ Expiratorische Flussbehinderung

Bei krankhaft Fettleibigen sind die Atemzugvolumina in Relation zur Körpermasse klein

▶ Arterielle Hypoxämie

Bei Säugetieren entspricht das Lungenvolumen 5% der Körpermasse

► Idealgewicht

► Beatmungsassoziierter Lungenschaden

Krankhaft übergewichtige Patienten weisen ein erhöhtes Risiko für intra- und postoperative pulmonale Komplikationen auf

► Druckkontrollierte Narkosebeatmung

► Volumenkontrollierte Beatmung

Atelektasen sondern auch durch CO₂-Retention und Hypoxämie gefährdet. Schließlich sind Übergewichtige häufig zusätzlich am Schlafapnoesyndrom („obstructive sleep apnea syndrome“, OSAS) oder „obesity hypoventilation syndrome“ (Pickwick-Syndrom) erkrankt und damit zusätzlich durch CO₂-Retention und Hypoxämie gefährdet.

Aus Arbeiten aus dem Gebiet der vergleichenden Physiologie wissen wir, dass bei Säugetieren das Lungenvolumen etwa 5% der Körpermasse entspricht (■ **Abb. 3**; [8]). Bei den untersuchten Tieren handelt es sich um Wildtiere, welche – zumindest solange sie in freier Wildbahn leben – niemals fettleibig sind.

Wenn ausgewachsene Lebewesen durch Zunahme der Fettmasse an Gewicht zunehmen, wächst die Lunge nicht mit. Dies wird exemplarisch in ■ **Abb. 4** veranschaulicht: Im Topogramm eines krankhaft übergewichtigen 60-jährigen Patienten mit einem BMI von 37 kg/m² (1,80 m Größe, 120 kg Gewicht) stellt sich eine normal große Lunge in einem massiven Körper dar. Die Lunge erscheint lediglich so groß wie bei einem normalgewichtigen Menschen gleicher Größe (1,80 m Größe, 75 kg Gewicht, BMI 23 kg/m²).

Hieraus leitet sich der Gedanke ab, Lungen von Übergewichtigen – gleich welchen Ausmaßes – mit einem V_T zu beatmen, welches an das ideale Körpergewicht und nicht an das aktuell gemessene angepasst ist. Für die Berechnung des ► **Idealgewichtes** („ideal body weight“, IBW) haben sich die in den Untersuchungen des US-amerikanischen „ARDS-Network“ verwendeten Formeln bewährt [28]:

– für Männer: $50 + 0,91 \times \{\text{Körpergröße (cm)} - 152,4\}$,

– für Frauen: $45,5 + 0,91 \times \{\text{Körpergröße (cm)} - 152,4\}$.

Ein 180 cm großer Mann hat nach dieser Formel ein Idealgewicht von 75,1 kg.

Kürzlich wurde eine neue, angeblich leichter zu berechnende Formel zur Berechnung des idealen Körpergewichts vorgeschlagen [12]: $IBW = 22 \times \text{Körpergröße in Metern zum Quadrat}$. Hieraus ergäbe sich für unser Beispiel ein IBW von 71,2 kg. Ein lungengesunder übergewichtiger Erwachsener in Narkose sollte also mit einem V_T von 8–10 ml/kg IBW beatmet werden. Bezöge man das V_T auf das aktuell gemessene Körpergewicht, würde man die Lungen sicherlich extrem überdehnen und der Entwicklung eines ► **beatmungsassozierten Lungenschadens** („ventilator associated lung injury“, VALI) Vorschub leisten. Stellen Sie sich vor, Sie würden einen japanischen Sumo-Ringer (1,80 m; 200 kg; BMI 62 kg/m²) mit einem auf das aktuell gemessene Körpergewicht bezogenen V_T von 1,6 l (8 ml x 200 kg) beatmen! Richtig wäre in diesem Falle natürlich, das IBW zugrunde zu legen (75 kg) und ein V_T von 600 ml zu wählen.

Narkosebeatmung

Krankhaft übergewichtige Patienten, die sich Operationen in Narkose unterziehen, weisen ein erhöhtes Risiko intra- [24] und postoperativer pulmonaler Komplikationen auf [20]. Dieses Risiko und die spezifischen pathophysiologischen Veränderungen müssen bei der Narkosebeatmung berücksichtigt werden, um – im Idealfall – den Patienten unmittelbar nach Ende der Operation extubieren zu können oder zumindest günstige Voraussetzungen für die Extubation in den nächsten Stunden zu ermöglichen.

Beatmungsmodus

Profitieren sehr adipöse Patienten von einer ► **druckkontrollierten Narkosebeatmung** („pressure-controlled mechanical ventilation“, pcCMV)? Aus pathophysiologischen Überlegungen heraus bietet diese Beatmungsform aufgrund der beschriebenen spezifischen Veränderungen des Atemapparates und der Lungenfunktion bei diesen Patienten folgende Vorteile gegenüber der ► **volumenkontrollierten Beatmung** („volume-controlled mechanical ventilation“, vcCMV):

1. Der Druckgradient zwischen den proximalen Atemwegen und den Alveolen ist maximal zu Beginn der Inspiration, und der größte Anteil des V_T wird in der frühen Inspirationsphase appliziert. Hiermit kann ein Recruitment instabiler Alveolen erreicht werden.
2. Bei Anwendung gleicher Atemzugvolumina und Inspirationszeiten erreicht man bei der pcCMV im Vergleich zur vcCMV höhere mittlere Atemwegsdrucke; diese können die arterielle Oxygenierung verbessern.

3. Die Applikation eines konstanten Inspirationsdruckes führt zu einer homogenen Verteilung des V_T in den Alveolen; es kommt zu einer Umverteilung des Atemgases von Alveolen mit kurzer Zeitkonstante zu Alveolen mit langer Zeitkonstante.

Diese theoretischen Vorteile ließen sich jedoch in einer Untersuchung an 40 krankhaft übergewichtigen, lungengesunden Patienten (BMI $41,7 \pm 15,8 \text{ kg/m}^2$), die sich einer Narkose zur Anlage eines Magen-Bypasses unterzogen, nicht nachweisen. Im Vergleich zur vcCMV resultierte pcCMV nicht in einem verbesserten pulmonalen Gasaustausch, aber sie erlaubte die Anwendung signifikant, jedoch klinisch unbedeutend, niedrigerer Beatmungsdrucke [10]. Eine kurze Zeit später publizierte, randomisierte kontrollierte Studie kam zu anderen Ergebnissen [6]: Bei 18 krankhaft übergewichtigen Lungengesunden (BMI $44 \pm 5 \text{ kg/m}^2$), bei denen ein Magenband laparoskopisch angelegt wurde, lagen die Mittelwerte während pcCMV für pH, arteriellen Sauerstoffpartialdruck (PaO_2), pulsometrisch gemessene arterielle Sauerstoffsättigung (SpO_2) und $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ (FiO_2 : inspiratorischer Sauerstoffanteil, „fraction of inspired oxygen“) signifikant höher und die Mittelwerte für den arteriellen Kohlendioxidpartialdruck (PaCO_2) und den endtidalen CO_2 - PaCO_2 -Gradienten signifikant niedriger als bei 18, ebenfalls lungengesunden, krankhaft übergewichtigen Patienten (BMI $44 \pm 5 \text{ kg/m}^2$), die mit vcCMV beatmet wurden. Plateau- sowie mittlere Atemwegsdrucke und arterielle Blutdruckwerte waren nicht signifikant unterschiedlich.

Auf der Basis der letztgenannten Untersuchung und der beschriebenen theoretischen Vorteile kann eine Empfehlung für die druckkontrollierte Narkosebeatmung von krankhaft Übergewichtigen gegeben werden. Spätestens jedoch bei Entwicklung einer intraoperativen Hypoxämie sollte von vcCMV auf pcCMV umgestellt werden.

Atemzugvolumen

Basierend auf den Ausführungen weiter oben, ist für die Narkosebeatmung krankhaft adipöser Patienten die Anwendung eines V_T von 8–10 ml/kg IBW zu empfehlen. Auf die Frage, ob in Narkose nicht auch eine ► **lungenprotektive Beatmung** mit einem V_T von lediglich 6 ml/kg vorteilhaft wäre, soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Wir verweisen auf die sehr gute Übersichtsarbeit von Schultz et al. [23]. Die Autoren empfehlen für lungengesunde Patienten ohne Risikofaktoren für die Entwicklung einer akuten Lungenschädigung („acute lung injury“, ALI) ein V_T von $<10 \text{ ml/kg IBW}$.

PEEP

Um der schon weiter oben beschriebenen ausgeprägten Neigung sehr fettleibiger Patienten zur Entwicklung eines Alveolarkollapses im Zusammenhang mit Lagerung, Narkoseinduktion und -aufrechterhaltung entgegenwirken zu können, ist die Anwendung eines positiv endexpiratorischen Druckes (PEEP) unverzichtbar. Die Anwendung eines PEEP-Niveaus von $10 \text{ cmH}_2\text{O}$ bei 9 Patienten mit einem mittleren BMI von $51,0 \pm 8,2 \text{ kg/m}^2$ erhöhte die Compliance des Atemapparates (Lunge und Brustwand) sowie der Lunge und der Brustwand, verschob die Druck-Volumen-Schleife in einen günstigeren Bereich und verbesserte die arterielle Oxygenierung. Die Verbesserung der Oxygenierung war signifikant mit alveolärem Recruitment assoziiert ($r=0,81$; $p=0,01$; [18]). Da PEEP bekanntermaßen individuell unterschiedliche Effekte auf Atemmechanik, pulmonalen Gasaustausch und Hämodynamik ausübt, wäre es sinnvoll eine ► **Titrationstechnik** anzuwenden, welche Veränderungen dieser 3 Parameter berücksichtigt. So kann man – um einen minimal aufwendigen Ansatz zu wählen – beispielsweise einem Vorschlag von Bolin und Pierson folgen: Diese Autoren empfehlen, das PEEP-Niveau in 5 cmH_2O -Stufen zu steigern und die Effekte auf den PaO_2 , die Compliance und das Herzzeitvolumen (HZV; oder einen Surrogatparameter, z. B. den arteriellen Blutdruck) zu registrieren. Der nach dieser Methode „beste“ PEEP ist derjenige, welcher den gelungensten Kompromiss bei den genannten Parametern erreicht. Dieses aus pathophysiologischer Sicht sehr sinnvolle Verfahren ist jedoch bei krankhaft übergewichtigen Patienten noch nicht in systematischer Weise getestet worden.

Anhaltswerte für die PEEP-Auswahl während Narkose bei diesem Patientenkollektiv lassen sich auch der Arbeit von Erlandsson et al. [7] entnehmen. Hier wurde bei 15 Patienten mit einem BMI von $49 \pm 8 \text{ kg/m}^2$ mit Hilfe der Thorax-Impedanztomographie festgestellt, dass ein PEEP-Niveau von $15 \pm 1 \text{ cmH}_2\text{O}$ die günstigsten Effekte hinsichtlich einer Verbesserung der FRC hat. Pulmonaler Gas-

Bei Auftreten einer intraoperativen Hypoxämie sollte auf druckkontrollierte Beatmung übergegangen werden

► Lungenprotektive Beatmung

PEEP ist unverzichtbarer Bestandteil der maschinellen Ventilation von krankhaft Übergewichtigen!

► Titrationstechnik

Ein PEEP-Niveau von $15 \pm 1 \text{ cm H}_2\text{O}$ hat die günstigsten Effekte hinsichtlich einer Verbesserung der FRC

austausch (inklusive intrapulmonaler Rechts-Links-Shunt) und Hämodynamik (HZV-Messung) blieben unverändert, sodass hiermit für die Fragestellung der PEEP-Titration ein aussichtsreiches Verfahren existiert, welches im Moment jedoch technisch noch sehr anspruchsvoll ist und nur in wenigen Institutionen zur Verfügung steht. Abschließend soll noch einmal daran erinnert werden, zu prüfen, in welchem Ausmaß ein „Intrinsic-PEEP“ vorhanden ist [17].

Recruitment

Die Anwendung einer lungenprotektiven, druckkontrollierten Narkosebeatmung (V_T 8–10 ml/kg IBW plus Wahl eines genügend hohen PEEP-Niveaus) kann bei krankhaft Übergewichtigen den Alveolar-kollaps häufig nicht verhindern. Dies gilt umso mehr, wenn es während ▶ **laparoskopischer Chirurgie** erforderlich wird, extreme Lagerungsformen, welche die FRC weiter erniedrigen, anzuwenden (z. B. Trendelenburg-Lagerung). Oft kann dann nur noch ein Recruitment-Manöver einer gefährlichen Hypoxämie entgegenwirken. Tatsächlich konnte in mehreren Untersuchungen an krankhaft Übergewichtigen gezeigt werden, dass ▶ **Recruitment-Manöver** während Narkosen (Anwendung eines positiven Druckes von 40–50 cmH₂O über 10–15 s) für offene oder laparoskopische Chirurgie den pulmonalen Gasaustausch deutlich bessern [32]. Leider halten die Effekte oft nicht lange an, und immer wieder ist der Einsatz von Vasopressoren oder Katecholaminen erforderlich, um die teilweise erheblichen kardio-zirkulatorischen Nebenwirkungen der Recruitment-Manöver zu therapieren.

FiO₂

Über viele Jahre hinweg hat man versucht, Hypoxämiephasen während Narkosen von sehr fettleibigen Patienten durch eine Erhöhung der FiO₂ entgegen zu wirken. Dies ist konzeptionell falsch, da doch im Wesentlichen ein vergrößerter intrapulmonaler Rechts-Links-Shunt infolge von Atelektasenbildung für die Hypoxämie verantwortlich ist. Die Hypoxämie muss in diesen Fällen in erster Linie durch Erhöhung des mittleren Atemwegsdrucks, PEEP, Recruitment-Manöver und Lagerungsmaßnahmen verbessert werden. Eine Erhöhung der FiO₂ kann nur einen eher kleinen Beitrag zur Verbesserung der Oxygenierung leisten.

Die Frage nach der idealen FiO₂ stellt sich auch bei der Präoxygenierung im Rahmen der „rapid sequence induction“ (RSI) bei krankhaft Übergewichtigen: Bekanntlich induziert die länger dauernde Inspiration von reinem Sauerstoff die Ausbildung von Resorptionsatelektasen. So konnte bei normalgewichtigen Patienten nachgewiesen werden, dass Präoxygenierung mit einer FiO₂ von 0,6 in einer geringeren Ausbildung von Atelektasen resultiert als bei Anwendung einer FiO₂ von 1,0. Wahrscheinlich sind diese Ergebnisse auf das Vorgehen bei der Präoxygenierung krankhaft übergewichtiger Patienten übertragbar. Dennoch kann die Präoxygenierung dieser Patienten mit einer FiO₂ <1,0 nicht vorbehaltlos empfohlen werden, da wegen der erheblich reduzierten FRC die nichthyoxämische Apnoephase deutlich verkürzt ist. Auf der Grundlage einer schon älteren Arbeit von Neumann et al. [14] lässt sich dieses Problem elegant lösen: Präoxygenierung mit einer FiO₂ von 1,0 und einem PEEP von etwa 10 cmH₂O. Anschließend, nach der endotrachealen Intubation, wird ein Recruitment-Manöver vorgenommen, z. B. in Form eines ▶ **„vital capacity manoeuvre“ (VCM)** mit einem Atemwegsdruck von 40 cmH₂O über 15 s.

Die Anwendung eines VCM über 15 s kann von erheblichen kardiozirkulatorischen Nebenwirkungen begleitet sein, insbesondere bei hypovolämischen Patienten. Vor dem Hintergrund, dass bereits nach 7–8 s der größte Teil der Atelektasen rekrutiert ist, erscheint es sinnvoll, die Dauer der VCM auf diese Zeit zu begrenzen [21].

Anästhesiemanagement

Präoperative Evaluation

Im Fokus des präoperativen Managements bei adipösen Patienten stehen die Evaluation entsprechender Begleiterkrankungen und möglicherweise die Optimierung der präoperativen Therapie. Gerade beim Vorliegen eines obstruktiven Hypoventilationssyndromes (OHS) oder obstruktiven Schlafapnoesyndromes (OSAS) kann die präoperative Anwendung eines kontinuierlichen positiven Atemwegsdruckes („continuous positive airway pressure“, CPAP) über eine Gesichtsmaske die arterielle Oxygenierung erheblich verbessern und das Risiko postoperativer pulmonaler Komplikationen reduzieren. Bei

▶ Laparoskopische Chirurgie

▶ Recruitment-Manöver

Für die Hypoxämie ist ein vergrößerter intrapulmonaler Rechts-Links-Shunt infolge von Atelektasenbildung verantwortlich

Durch minutenlange Applikation von reinem Sauerstoff entstehen Resorptionsatelektasen

▶ „vital capacity manoeuvre“

Eine zeitliche Begrenzung der VCM auf 7–8 s erscheint sinnvoll

Übergewichtigen muss ein Screening auf das Vorliegen eines OHS oder OSAS erfolgen. Zum Screening dieser Patienten ist neben der Abklärung der typischen Symptome anhand eines Fragebogens die Messung der SpO₂ unter Raumlufbedingungen als preiswertes, nichtinvasives und einfach zu handhabendes Verfahren geeignet. Liegt der gemessene Wert unter 96% oder leiden die Patienten gleichzeitig an einer klinisch relevanten respiratorischen Vorerkrankung, muss eine weiterführende Diagnostik wie Thoraxröntgen, Spirometrie, arterielle Blutgasanalyse oder Echokardiographie erfolgen. Typische Befunde und Symptome bei OSAS, die der Arzt systematisch evaluieren muss sind:

- männliches Geschlecht,
- BMI über 25 kg/m²,
- Halsumfang größer als 41 cm bei Frauen, 43 cm bei Männern,
- Schnarchen und Keuchen beim Schlafen,
- Schläfrigkeit am Tag,
- Bluthochdruck und
- ein hoher Mallampati-Score.

Als Grundlage für die Berechnung des V_T bei der maschinellen Beatmung und der optimalen Dosierung von Narkosemedikamenten und Katecholaminen ist die Kenntnis der exakten Körpermaße (Gewicht und Größe) von wesentlicher Bedeutung. Da von Adipösen das Körpergewicht oftmals zu niedrig und das Körpermaß zu groß angegeben werden, ist eine korrekte Messung im Rahmen der präoperativen Evaluation mit einer für adipöse Patienten geeigneten Waage unbedingt erforderlich.

Ausrüstung

Verglichen mit Normalgewichtigen bieten Übergewichtige eine ganze Reihe von ► **technischen Schwierigkeiten**: Die Blutdruckmanschette sollte genügend groß sein (2/3 der Oberarmlänge umschlossen), ansonsten werden diastolische und systolische Werte zu hoch gemessen. Möglicherweise muss eine arterielle Verweilkanüle zur invasiven Blutdruckmessung platziert werden. Es ist schwierig, periphere Venen zu kanülieren, und so kann es notwendig werden, einen zentralen Zugang zu schaffen. Hierzu müssen Punktionsnadeln und Katheter genügend lang sein. Auch sind ausreichend lange Punktionsnadeln Grundvoraussetzung für eine Regionalanästhesie. Selbstverständlich ist es erforderlich, sämtliche chirurgischen Instrumente in adäquater Größe vorzuhalten. Weiterhin ist die Höchstbelastung für Krankenhausbetten, Schleusenanlagen, OP-, CT- und MRT-Tische zu bedenken. Diese müssen deutlich mit dem maximal belastbaren Gewicht beschriftet sein. Ausreichend Personal ist erforderlich, um sehr schwere Menschen zu mobilisieren, umzulagern oder im Krankenhaus zu bewegen. Häufig sind spezielle Lagerungshilfen und übergroße Rollstühle notwendig. An angemessen große Antithrombosestrümpfe oder „sequential compression devices“ muss gedacht werden. Die Empfehlungen der „Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland“ zum perioperativen Management fettleibiger Patienten enthalten weitere wichtige Hinweise [29].

Lagerung

Die korrekte Lagerung übergewichtiger Patienten ist ein nicht zu unterschätzender Bestandteil eines operativen Eingriffes. Bereits in Rückenlage kann es bei langer Operationsdauer zu gravierenden Komplikationen in Form kompressionsbedingter Weichteilnekrosen, Parästhesien und Lähmungen peripherer Nerven bis hin zu Rhabdomyolysen und akutem Nierenversagen kommen. Sobald eine besondere Lagerung erforderlich wird (Bauchlage, Steinschnitt- oder Seitenlage usw.), ergeben sich weitere Probleme, da die hierzu verwendeten Lagerungskissen und -rahmen für den adipösen Patienten häufig viel zu klein sind und eine korrekte, schonende Lagerung unmöglich machen. Zur Verhinderung trophischer Schäden ist daher die Nutzung spezieller, druckverringender ► **Gelmatratzen** und -rollen obligat sowie von Operationstischen, die seitlich erweitert werden können, damit das Überhängen von Körperteilen über die Kanten vermieden wird.

Es gibt allerdings auch Lagerungsschäden, von denen diese Patientengruppe offensichtlich seltener betroffen ist, wie z. B. die Läsion des N. ulnaris. Nach einer Untersuchung aus dem Jahre 1994 haben 29% der Patienten mit einem BMI über 38 kg/m² eine Neuropathie, Patienten mit einem BMI kleiner als 24 kg/m² sind dagegen mit 38% häufiger von dieser klassischen Nervenläsion bei falscher Lagerung betroffen.

Bei Übergewichtigen muss ein Screening auf das Vorliegen eines OHS oder OSAS erfolgen

Die Kenntnis der exakten Körpermaße ist von großer Bedeutung

► Technische Schwierigkeiten

Sämtliche chirurgischen Instrumente müssen in adäquater Größe vorgehalten werden

Untersuchungsgeräte müssen deutlich mit dem maximal belastbaren Gewicht beschriftet sein

Bereits in Rückenlage kann es bei langer Operationsdauer zu gravierenden Komplikationen kommen

► Gelmatratzen

Tab. 3 Klassifikation des akuten Atemversagens

Typ	Mechanismus	Ätiologie	Klinisches Bild
1. Akute Hypoxämie	Vergrößerung des intrapulmonalen Rechts-Links-Shunts	„Air space flooding“	- Lungenödem kardiogen ARDS - Pneumonie - Lungenblutung - Thoraxtrauma
2. Hypoventilation	Abnahme des Alveolarvolumens	Zerebral	- Überdosis - ZNS-Trauma
		Neuromuskulär	- Myasthenia gravis - Polyradikulitis, ALS - Botulismus, Curare
		Vergrößerung von Atemarbeit und Totraum	- Asthma, COPD - Lungenfibrose - Kyphoskoliose
3. Perioperativ	Atelektase	Abnahme der FRC	- Rückenlage - Adipositas - Aszites - Oberbauchschnitt - Anästhesie
		Zunahme des „closing volume“	- Alter, Rauchen - Flüssigkeitsüberladung - Bronchospasmus - Atemwegssekretion
4. Schock	Minderperfusion	Kardiogen	- Myokardinfarkt - Pulmonalarterieller Hypertonus
		Hypovolämisch	- Blutung - Dehydratation - Tamponade
		Septisch	- Endotoxinämie - Bakteriämie

Tabelle mod. nach [33]. ARDS „acute respiratory distress syndrome“, ALS amyotrophe Lateralsklerose, FRC funktionelle Residualkapazität, COPD „chronic obstructive pulmonary disease“.

Darüber hinaus gibt es auch Lagerungstechniken, mit deren korrekter Anwendung die respiratorische Funktion bei übergewichtigen Patienten verbessert werden kann. Im Vergleich zur Rückenlage kann durch ► **„Beach-chair-Lagerung“** (halbsitzende Lagerung), eine Verbesserung der arteriellen Oxygenierung erreicht werden (PaO_2 243 mmHg vs. 203 mmHg, $p < 0,01$; [30]). Wird der krankhaft übergewichtige Patient in ► **„umgekehrter Trendelenburg-Position“** gelagert, hat dies sogar einen vergleichbar günstigen Effekt auf den pulmonalen Gasaustausch und die arterielle Oxygenierung wie die Anwendung eines PEEP von 10 cmH₂O, wobei dazu niedrigere Beatmungsdrucke erforderlich waren [19]. Nur die ideale Lagerung eines adipösen Patienten schafft die notwendigen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Operation und Narkose!

Airway-Management

Endotracheale Intubation

Das Atemwegsmanagement bei krankhaft übergewichtigen Patienten ist von besonderer Bedeutung. Neben dem erhöhten Risiko für perioperative pulmonale Komplikationen aufgrund der zahlreichen mit Adipositas per magna einhergehenden ► **Komorbiditäten** (COPD, Asthma bronchiale usw.) und des erhöhten Körpergewichts (Atelektasen usw.), sind es vor allem anatomische Veränderungen des Oropharynx, die eine suffiziente Maskenbeatmung und endotracheale Intubation häufig erschweren. Diverse aktuelle Studien haben gezeigt, dass in 13–24% der Fälle gravierende Intubationsschwierigkeiten auftreten können, die durch direkte Laryngoskopie oft nicht zu bewältigen sind. Liegt die Kombination von Adipositas mit „zentraler Gewichtsverteilung“, Vollbart, fehlenden und/oder prominenten Zähnen und Schnarchen in der Anamnese vor, ist die Wahrscheinlichkeit für eine schwierige Maskenbeatmung deutlich erhöht.

► „Beach-chair-Lagerung“

► Umgekehrte Trendelenburg-Position

► Komorbiditäten

In 13–24% der Fälle treten gravierende Intubationsschwierigkeiten auf

Die Intubation kann für den Anästhesisten zur echten Herausforderung werden, wenn der Hals kurz und dick, die Zunge groß und durch den gewaltigen Brustkorb die Beurteilung einer effektiven Ventilation erschwert ist. Neben der präoperativen Abklärung dieser Risikofaktoren, liefert die Messung des Halsumfangs auf Höhe des Schildknorpels eine wesentliche Aussage zur Abschätzung einer erschweren Laryngoskopie und Intubation. Ab einem Umfang von 44 cm ist mit einer anspruchsvollen Intubation zu rechnen, ab 70 cm treten mit einer Wahrscheinlichkeit von 60% Intubationsprobleme auf [5]. Aufgrund dieser Schwierigkeiten und daraus resultierender möglicher Komplikationen, wie dem Abfall der arteriellen Oxygenierung, sind bei der Narkoseeinleitung von krankhaft übergewichtigen Patienten ausreichend Hilfspersonal sowie alternative Atemwegshilfen und ein ▶ **Bronchoskop** mit Fiberoptik unverzichtbar.

Adipositas und Adipositas per magna sind häufig assoziiert mit

- einem erhöhten intraabdominellen Druck,
- einem großen Magensaftvolumen mit niedrigem pH-Wert,
- einer verzögerten Magenentleerung sowie
- einer höheren Inzidenz von gastroösophagealem Reflux.

Diese Konstellation erhöht die Gefahr einer pulmonalen Aspiration. Hieraus leitet sich die Rationale ab, die Allgemeinanästhesie ab einem BMI von 30 kg/m² als „rapid-sequence-induction“ (RSI) einzuleiten. Um die Atelektasenbildung in Rückenlage zu begrenzen und einem raschen Abfall der SpO₂ nach Narkoseeinleitung vorzubeugen, muss eine mehrminütige (3–5 min) ▶ **Präoxygenierung** mit 100% O₂, einem hohen Gasfluss (>10 l/min) und einem PEEP von mindestens 10 cmH₂O in Oberkörperhochlage („ramped position“) erfolgen. Die Zeitdauer von 3–5 min erscheint angemessen, da schon 1955 Hamilton und Eastwood zeigen konnten, dass es mit Verabreichung von reinem O₂ über ein Kreissystem mit einem Fluss von 5 l/min innerhalb von 2–3 min möglich ist, 95% des Stickstoffs aus der Lunge von Normalgewichtigen auszuwaschen. Einschränkend muss allerdings hinterfragt werden, ob die ▶ **Auswaschkinetik** bei Adipösen der von Normalgewichtigen ähnlich ist.

Nach Narkoseeinleitung mit schnell wirksamem Injektionsnarkotikum, Muskelrelaxans und Opiat erfolgt die endotracheale Intubation. Um dabei akut den Rückfluss von Magensäure zu verhindern (und in den meisten Fällen, um die Sicht auf den Larynx zu verbessern), übt ein Helfer einen kontrollierten Druck auf den Kehlkopf des Patienten aus (Krikoiddruck). Dieser nach Sellick benannte Handgriff birgt jedoch auch Risiken:

- die Verschlechterung der laryngoskopischen Sicht durch zu starke Kompression mit erschwertem Einführen des Endotrachealtubus,
- die Anwendung bei zu flacher Narkosetiefe, welche Würgen und Erbrechen provozieren kann, und letztlich
- die Erhöhung des Aspirationsrisikos durch Reduktion des unteren Ösophagusphinktertonus aufgrund eines bisher unklaren Pathomechanismus.

Nach der Verifizierung der korrekten Tubuslage durch Auskultation über dem Magen und der Lunge sowie der Analyse der Kapnographie, sollte zur Entlastung des Magens, zur Vorbeugung späterer Regurgitationen und zur Verbesserung der FRC eine ▶ **Magensonde** gelegt werden.

Zur Senkung des Aspirationsrisikos bei hohem intraabdominellen Druck und bei der häufig vorhandenen gastroösophagealer Refluxerkrankung („gastroesophageal reflux disease“, GERD) wird darüber hinaus empfohlen, dem übergewichtigen Patienten vor Einleitung einer Narkose einen Histamin-2-Antagonisten (z. B. Ranitidin), Metoclopramid und Natriumzitrat zur Reduktion des Magensaftvolumens, pH-Anhebung und Erhöhung des Ösophagusphinktertonus zu applizieren.

Bei frustranen Intubationsversuchen muss zur Gewährleistung einer ausreichenden Oxygenierung gelegentlich von starren Standards abgewichen werden und eine vorsichtige Beatmung mittels Gesichtsmaske erfolgen. Zur Überbrückung der Zeit zwischen den Intubationsversuchen oder als „Ultima Ratio“ (gerade im Bereich der Notfallmedizin) können auch ▶ **supraglottische Beatmungshilfen** wie die Larynxmaske angewendet werden, die allerdings keine hohe Toleranz bei den häufig erforderlichen hohen Beatmungsdrücken und keinen Aspirationsschutz bietet. Der Goldstandard des Airway-Managements bei krankhaftem Übergewicht bleibt jedoch stets die endotracheale Intubation im Szenario der RSI. Alternativ sollte auch die ▶ **fiberoptische Wachintubation** (durch den Geübten!) in Erwägung gezogen werden.

Ein Halsumfang von über 70 cm ist ein Menetekel für Intubationsprobleme

▶ Bronchoskop

Die Allgemeinanästhesie sollte ab einem BMI von 30 kg/m² als RSI eingeleitet werden

▶ Präoxygenierung

▶ Auswaschkinetik

▶ Magensonde

▶ Supraglottische Beatmungshilfen

▶ Fiberoptische Wachintubation

Die endotracheale Extubation ist bei adipösen Patienten gefährlicher als die Intubation

► Müller-Manöver

Bei der Extubation sollte der Patient mit erhöhtem Oberkörper gelagert und mit einer FiO_2 von 1,0 beatmet werden bzw. spontan atmen

Perioperative CPAP-Atmung kann ein akutes Atemversagen verhindern

Trotz der technisch anspruchsvollen Durchführung sind Regionalanästhesieverfahren bei krankhaft Übergewichtigen eine wertvolle Alternative zur Allgemeinanästhesie

► Thorakale Epiduralanästhesie

Extubation

Nur wenige Studien befassen sich gezielt mit der endotrachealen Extubation bei Adipösen. Dennoch beziehen einige Autoren von Übersichtsarbeiten Stellung zu den Risiken und geben Empfehlungen zum Vorgehen. Die Extubation, besonders bei adipösen Patienten, ist als die gefährlichere Maßnahme im Vergleich zur Intubation anzusehen. Mit zunehmendem BMI und längerer Intubations-/Beatmungsdauer steigt das Risiko sowohl für Komplikationen unmittelbar im Rahmen der Extubation als auch kurze Zeit danach an. Die am häufigsten auftretenden Komplikationen sind ein Abfall der SpO_2 unter 90% (2,4–22%) sowie eine Obstruktion der oberen Atemwege (1,9–5,5%), die über die Entstehung eines negativen intrathorakalen bzw. intrapleurales Drucks zu einem Lungenödem führen können (so genanntes ► **Müller-Manöver**) und oft eine unmittelbare Reintubation erfordern.

Eine Umfrage unter Anästhesisten in Großbritannien zeigt, dass von einigen immer noch die Linksseitenlage (zur Verhinderung einer Aspiration) oder die Rückenlage bei der Extubation adipöser Patienten angewendet wird. In 59% der Fälle werden Patienten wach extubiert, in 19% in tiefer Narkose und in 22% mit leichter Restsedierung. Zur Verbesserung der arteriellen Sauerstoffreserve und Reduktion der Atemarbeit sollte der Patient jedoch mit erhöhtem Oberkörper (wie bei der Intubation) gelagert und mit einer FiO_2 von 1,0 beatmet werden bzw. spontan atmen. Weiterhin wird die Extubation beim wachen (orientierten, Anweisungen folgend), suffizient spontan atmenden, nichtrelaxierten Patienten empfohlen. Die Extubation während endotrachealer Absaugung ist dabei wegen der Erzeugung eines starken Sogs mit der hohen Wahrscheinlichkeit der Ausbildung von Atelektasen obsolet. Durch die Anwendung eines positiven Atemwegsdrucks während der Entfernung des Endotrachealtubus (im Sinne eines Recruitment-Manövers) hingegen kann die Entstehung von Atelektasen post extubationem deutlich reduziert werden.

Nach erfolgreicher Extubation kann durch intermittierende, nichtinvasive CPAP-Atmung für 48 Stunden das Auftreten eines Atemversagens nach Extubation deutlich (10% vs. 26% bei Nicht-Anwendung von Masken-CPAP) reduziert werden. Abschließend, schon fast banal, empfehlen wir die Extubation bis ins letzte Detail zu planen und alle logistischen Maßnahmen für eine rasche Reintubation zu treffen.

Regionalanästhesie

Theoretische Vorteile der Regionalanästhesie umfassen die folgenden Punkte:

- minimale Manipulation an den Atemwegen,
- weniger kardiozirkulatorische Depression,
- exzellente postoperative Analgesie,
- selteneres Auftreten von „postoperative nausea and vomiting“ (PONV),
- eine kürzere Verweildauer im Aufwachraum,
- einen kürzeren Krankenhausaufenthalt.

Trotz der technisch oft anspruchsvollen Durchführung und einer mit steigendem Übergewicht zunehmenden Versagerquote sollte der Anästhesist versuchen, diese Vorteile gerade und besonders bei Übergewichtigen zu nutzen.

Es gibt nur sehr wenige Untersuchungen an Adipösen, die uns Auskunft geben über die Raten der für die Regionalanästhesien typischen Komplikationen. So wurden 9038 Regionalanästhesien (periphere Blöcke der oberen und unteren Extremitäten, paravertebrale Blöcke, Spinal- und Epiduralanästhesien, lumbaler Plexusblock, Blockade des N. ischiadicus) bei 6920 Patienten ausgewertet (BMI <25 kg/m^2 bei 34,8%; BMI 25–29 kg/m^2 bei 34,0%; BMI ≥ 30 kg/m^2 bei 31,3%; [15]). Zunächst ergab sich, dass bei Patienten mit einem BMI ≥ 30 kg/m^2 ein um den Faktor 1,62 erhöhtes Risiko besteht, dass die Blockade erfolglos bleibt. Weiterhin fand man, dass die unadjustierte Rate akuter Komplikationen (Pneumothorax n=2, Präexzitation n=5, zerebraler Krampfanfall n=2, unbeabsichtigter subduraler Block n=1, unbeabsichtigte epidurale Ausbreitung n=12) bei adipösen Patienten signifikant erhöht war ($p=0,001$).

Schon vor einigen Jahren konnte dokumentiert werden, dass die ► **thorakale Epiduralanästhesie** in Verbindung mit einer Allgemeinanästhesie bei übergewichtigen Patienten, welche sich einer Laparotomie unterzogen, entscheidend dazu beitragen kann die postoperative Lungenfunktion signifikant zu verbessern [31].

Anästhesie bei übergewichtigen Kindern

Krankhaftes Übergewicht ist nicht nur ein Problem des erwachsenen Menschen: Etwa 15% der Kinder und Jugendlichen zwischen 3 und 17 Jahren in Deutschland sind übergewichtig. Am ausgeprägtesten ist die Verbreitung der Adipositas bei Kindern zwischen 11 und 13 Jahren (19%). Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen sind – im Gegensatz zu erwachsenen Übergewichtigen – bisher nicht zu erkennen. Eine sicher erhöhte Prädisposition haben dagegen Kinder aus Familien mit niedrigem Sozialstatus, Kinder mit Migrationshintergrund und Kinder adipöser Mütter.

Bereits die kleinen adipösen Patienten erkranken gegenüber normalgewichtigen Kindern häufiger an typischen mit Übergewicht assoziierten Komorbiditäten wie Asthma bronchiale (17% vs. 28%, $p < 0,025$), Schlafapnoesyndrom (7% vs. 14%, $p < 0,025$), gastroösophagealem Reflux (9% vs. 16%, $p < 0,025$) und Diabetes mellitus Typ 2 (0,1% vs. 2,7%, $p < 0,025$).

Ähnlich verhält es sich bei perioperativen respiratorischen Komplikationen. Wie auch bei erwachsenen Patienten, ist bei Kindern mit zunehmendem Adipositasgrad mit einer erschwerten Maskenbeatmung (2% vs. 9%, OR 4,5) und einem schnelleren Abfall der SpO_2 (9% vs. 17%, OR 1,8) zu rechnen. Die ohnehin im Rahmen der Kinderanästhesie häufigen typischen Komplikationen wie ► **Laryngo- und Bronchospasmus** treten bei adipösen Kindern mit wesentlich größerer Wahrscheinlichkeit auf (25% vs. 40%, OR 1,9; [27]). Aufgrund dieses erhöhten Risikos für respiratorische Ereignisse im Rahmen der Allgemeinanästhesie ist auch bei Kindern die Durchführung eines Regionalanästhesieverfahrens eine im Einzelfall sinnvolle Alternative, wie von Legrand u. Tobias [11] in einer Fallserie über Narkosen bei adipösen Kindern ($n=4$, Prader-Willi-Syndrom), dargestellt wurde.

Postoperative maschinelle Ventilation

Sofern keine Vorerkrankung der Lunge vorliegt (z. B. Asthma bronchiale, Pneumonie oder COPD) können krankhaft Adipöse typischer Weise ein Atemversagen des Typs III (► **perioperatives Atemversagen**) nach der Klassifikation von Wood [33] entwickeln (► **Tab. 3**). Es ist charakterisiert durch eine ausgeprägte Atelektasenbildung aufgrund einer reduzierten FRC zusammen mit einer abnormen Mechanik der Bauchwand und einem erhöhten CV. Typ-III-Atemversagen kann einmünden in Typ I (► **akutes hypoxämisches Atemversagen**) oder II (hypoventilatorisches Atemversagen). Dem muss bei der postoperativen maschinellen Beatmung Rechnung getragen werden.

Die Prinzipien der Behandlung des Typ-I-Atemversagens bestehen aus:

- Stabilisierung des Patienten, sodass eine möglichst niedrige Atemarbeit geleistet werden muss,
- Auswahl eines möglichst kleinen V_T , welches eine ausreichende, aber nicht an den Normalwerten für den $PaCO_2$ orientierte CO_2 -Elimination ermöglicht (permissive Hyperkapnie),
- Auswahl eines optimalen PEEP-Niveaus unter Berücksichtigung von pulmonalem Gasaustausch, Atemmechanik und Hämodynamik,
- Maßnahmen zur Reduktion des Lungenödems bei optimalem HZV und gutem O_2 -Transport zu den peripheren Geweben.

Völlig unterschiedlich ist das Vorgehen bei einem Typ-II-Atemversagen. Hier kommt es darauf an, eine adäquate Ventilation so lange zu ermöglichen, bis die zentralen oder peripheren Ursachen, welche die ► **Hypoventilation** bedingen, abgeklungen oder beseitigt worden sind. Hierbei ist darauf zu achten, dass im Behandlungsverlauf keine neuen oder zusätzlichen Atelektasen oder eine pulmonale Minderperfusion entstehen. Patienten, die wegen einer Obstruktion der Atemwege maschinell beatmet werden, sollten mit ► **Bronchodilatoren** und einem Beatmungsregime behandelt werden, das die Entwicklung eines intrinsischen PEEP begrenzt.

Der Entwicklung eines Atemversagen Typ III kann begegnet werden durch

- Lagerungstherapie,
- Klopfmassage des Thorax,
- Beatmung in 45° Oberkörperhochlage,
- effektive Schmerzbekämpfung (insbesondere nach Oberbauchschnitt),
- Drainage von Aszites,
- Maßnahmen zur Wiedereröffnung von Atelektasen und
- Vermeidung einer Hyperhydratation.

Am ausgeprägtesten ist die Verbreitung der Adipositas bei Kindern zwischen 11 und 13 Jahren

Adipöse Kinder erkranken häufiger an typischen mit Übergewicht assoziierten Komorbiditäten

► Laryngo-/Bronchospasmus

Auch krankhaft übergewichtige Kinder haben ein erhöhtes Risiko für perioperative respiratorische Komplikationen

► Perioperatives Atemversagen

► Akutes hypoxämisches Atemversagen

► Hypoventilation

► Bronchodilatoren

Der häufigste Grund für eine postoperative respiratorische Insuffizienz bei Adipositas per magna ist ein Atemversagen Typ III

Die im Beatmungsprotokoll der „ARDS-Network-Studie“ niedergelegten Einstellungen können zur Orientierung herangezogen werden

► Oxygenierungsziel

Aktuelle wissenschaftliche Untersuchungen berichten von einer „protektiven“ Wirkung der Adipositas per magna bei kritisch kranken Patienten mit langen Intensivaufenthalten

Der häufigste Grund für eine postoperative respiratorische Insuffizienz bei Adipositas per magna ist ein Atemversagen Typ III (perioperatives Atemversagen). Es ist wichtig zu verstehen, dass die für die verschiedenen Typen des Atemversagens vorgeschlagenen Therapieprinzipien im wissenschaftlichen Sinne für die Behandlung krankhaft Übergewichtiger nicht untersucht worden sind. Sie haben sich aber in der Behandlung Normalgewichtiger etabliert [9].

In der bekannten Studie des US-amerikanischen „ARDS-Network“, in der die Auswirkungen der Anwendung kleiner vs. großer Atemzugvolumina untersucht wurden, waren Patienten eingeschlossen, die ein gemessenes Körpergewicht von bis zu einem Kilogramm pro Zentimeter Körpergröße aufwiesen [28]. Das entspricht etwa einem BMI von 60 kg/m². Eine retrospektive Aufarbeitung dieser Daten ergab keine signifikant unterschiedliche Sterblichkeitsrate zwischen Patienten verschiedener Übergewichtsklassen und Normalgewichtigen [16]. Im Rahmen der erstgenannten „ARDS-Network-Studie“ wurde folgende Respiratoreinstellung für alle Patienten einschließlich aller Übergewichtigen angewendet:

- V_T: 6 ml/kg IBW,
- Beatmungsmodus: „assist-control“,
- Plateaudruck <30 cmH₂O,
- Beatmungsfrequenz: 6–35/min (Ziel-pH: 7,3–7,45),
- Verhältnis von Inspiration zu Expiration: 1:1–1:3,
- Oxygenierungsziel: PaO₂ 55–80 mmHg oder SpO₂ 88–95%,
- PEEP: 5–24 cmH₂O (nach PEEP-Tabelle in [28]).

Dennoch bleiben aus grundsätzlichen wissenschaftlichen Überlegungen Zweifel bestehen, ob die Beatmungseinstellungen der „ARDS-Network-Studie“ unverändert für die maschinelle Ventilation Übergewichtiger und auch krankhaft Übergewichtiger übernommen werden können.

Nach Auffassung der Autoren dieses Beitrags können die im Beatmungsprotokoll der „ARDS-Network-Studie“ niedergelegten Einstellungen zur Orientierung herangezogen werden. Der „Assist-control-Beatmungsmodus“ kann dabei durch „Biphasic positive airway pressure-“ (BIPAP-)Beatmung mit einem oberen Druckniveau von 30 cmH₂O ersetzt werden. Bei extremem Übergewicht wird man das Oxygenierungs- und pH-Ziel nicht mit diesem oberen Druckniveau erreichen können und dieses im Einzelfall höher ansetzen müssen.

Seit Jahrzehnten ist unstrittig, dass fettleibige Patienten zur Aufrechterhaltung einer genügend hohen FRC und eines suffizienten pulmonalen Gasaustausches während maschineller Ventilation einen PEEP benötigen. Es fehlen allerdings systematische Untersuchungen zur Beantwortung der Frage, welches PEEP-Niveau das für dieses Patientenkollektiv günstigste ist. Einen gewissen Anhalt gibt die in den Untersuchungen des US-amerikanischen „ARDS-Network“ verwendete PEEP-Tabelle in [28]. Um ein vorgegebenes ► **Oxygenierungsziel** zu erreichen (PaO₂ 55–80 mmHg oder SpO₂ 88–95%) werden bestimmte Kombinationen aus FiO₂ und PEEP empfohlen.

Aus theoretischen Überlegungen heraus wäre es jedoch besser, man würde das PEEP-Niveau individuell an den aktuellen pulmonalen Gasaustausch, die Hämodynamik, Atemmechanik und spezifische pulmonale Pathologie anpassen. Hierfür stehen im Prinzip die gleichen Methoden zur Verfügung wie zur intraoperativen PEEP-Titration.

Das „obesity paradoxon“

Obwohl krankhaft adipöse Patienten wesentlich häufiger Komorbiditäten und Komplikationen, vor allem des kardiovaskulären Systems, des respiratorischen Systems und bei Stoffwechselprozessen entwickeln, gibt es aktuelle wissenschaftliche Untersuchungen, die von einer „protektiven“ Wirkung der Adipositas per magna bei kritisch kranken Patienten mit langen Intensivaufenthalten berichten. Adipöse Patienten erkranken häufiger an einer Herzinsuffizienz, überleben diese aber länger als normal- oder untergewichtige Patienten, da schwere klinische Ereignisse deutlich seltener auftreten.

Während der gesunde Menschenverstand erwartet, dass eine Intensivtherapie von Übergewichtigen mit erhöhten Morbiditäts- und Letalitätsraten einhergeht, zeichnet eine Literaturrecherche ein differenzierteres Bild: Es gibt Publikationen, in denen für übergewichtige Intensivtherapiepatienten höhere, niedrigere oder gleiche Letalitätsraten dokumentiert wurden. So zeigen beispielsweise Ergebnisse einer großen retrospektiven Kohortenstudie (1488 Patienten eingeschlossen), dass beatmete Patienten mit ALI mit zunehmendem BMI eine signifikant abnehmende Letalität aufweisen. Das

höchste Sterblichkeitsrisiko in dieser Kohorte findet man nicht, wie erwartet, bei krankhaft übergewichtigen, sondern bei untergewichtigen Patienten.

In einer aktuellen Metaanalyse wurden 7 prospektive und 7 retrospektive Studien evaluiert. Die Gesamtzahl der eingeschlossenen Patienten betrug 62.045, 25% davon (n=15.347) waren krankhaft übergewichtig (BMI ≥ 30 kg/m²). Als wichtigste Ergebnisse sind zu nennen, dass krankhaft Übergewichtige im Vergleich zu Patienten mit einem BMI < 30 kg/m² keine erhöhte Intensivtherapiestations- und Krankenhaussterblichkeitsrate aufweisen, aber länger maschinell beatmet werden und länger auf der Intensivtherapiestation behandelt werden [1].

Als Ursache für dieses als „obesity paradoxon“ bezeichnete Phänomen wird am ehesten die ► **vermehrte Energiereserve** in Form von Fettzellen vermutet, die den adipösen Patienten die in der Initialphase eines akuten Krankheitsbildes auftretende Katabolie wesentlich besser tolerieren lässt. Darüber hinaus gibt es weitere Hypothesen zur Erklärung des „obesity paradoxon“:

1. Durch eine endokrine Funktion der Fettzellen werden Interleukin (IL)-10, ein antiinflammatorisches Zytokin, und Peptin gebildet und sezerniert, die durch ihre immunologische Wirkung und die Hemmung proinflammatorischer Zytokine (Tumor-Nekrose-Faktor, IL-6, IL-8) eine vorteilhafte Wirkung auf die initiale Entzündungsreaktion bei schweren Erkrankungen haben.
2. Hohe Lipid- und Cholesterolspiegel im Serum hemmen einerseits durch eine Bindung und Neutralisierung von Endotoxinen signifikant die Akute-Phase-Reaktion und stellen andererseits durch eine Stimulation der Steroidsynthese in der Nebenniere eine Schutzfunktion vor Nebennierenrindeninsuffizienz dar.
3. Für häufig von adipösen Patienten eingenommene Medikamente wie die Statine ist in der Literatur ein positiver Effekt auf das klinische Outcome (z. B. bessere Überlebensrate nach Sepsis) über noch unbekannte Mechanismen beschrieben.

Das „obesity paradoxon“ ist momentan Gegenstand einer lebhaften wissenschaftlichen Diskussion. Die Datenlage ist noch nicht ausreichend, um therapeutische Konsequenzen aus den Hypothesen abzuleiten.

Außergewöhnliches

Kürzlich wurde über die ersten erfolgreichen Anwendungen von ► **venovenöser extrakorporaler Zirkulation** bei fettleibigen Patienten berichtet. Zwei Patienten (weiblich, BMI 52 kg/m², und männlich, BMI 58 kg/m²) entwickelten postoperativ eine ausgeprägte respiratorische Insuffizienz und wurden erfolgreich behandelt [13]. Obwohl manche Autoren ausgeprägtes Übergewicht als relative Kontraindikation für bestimmte Kanülierungsverfahren (z. B. rechte A. axillaris) ansehen, gibt es keine stichhaltigen Argumente dafür, dieses Patientenkollektiv von der Anwendung extrakorporaler Oxygenierungsverfahren grundsätzlich auszuschließen.

Fazit für die Praxis

Adipositas stellt eine globale Epidemie dar. Anästhesisten und Intensivmediziner müssen damit rechnen, dass sie in Zukunft immer häufiger in die perioperative Behandlung krankhaft Übergewichtiger involviert werden. Da es momentan nur wenige wissenschaftliche Untersuchungen und nur vereinzelte Leitlinien gibt, ist es wichtig, dass die mit Narkose und postoperativer intensivmedizinischer Therapie befassten Ärzte die pathophysiologischen Grundlagen der Adipositas kennen und daraus Handlungsstrategien ableiten können. Wenn diese Voraussetzungen erfüllt sind, sollte es möglich sein, Anästhesie- und Intensivtherapie-assoziierte Morbiditäts- und Letalitätsraten zu erzielen, die denen von Normalgewichtigen vergleichbar sind. Für die Zukunft ist es wünschenswert, in wissenschaftlichen Untersuchungen zu prüfen, ob bestimmte Anästhesieverfahren und Formen der intra- und postoperativen maschinellen Ventilation für übergewichtige und krankhaft übergewichtige Patienten in besonderem Maße geeignet sind. Daraus ließen sich Leitlinien entwickeln. Parallel dazu sollten weit mehr Krankenhäuser als bisher logistisch so ausgerüstet werden, dass dieser ständig wachsenden Patientenpopulation die gleichen Versorgungs- und Sicherheitsstandards garantiert werden wie normalgewichtigen Patienten.

Krankhaft Übergewichtige weisen keine erhöhte Intensivtherapiestations- und Krankenhaussterblichkeitsrate auf

► Vermehrte Energiereserve

► Venovenöse extrakorporale Zirkulation

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. K. Lewandowski



Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie, Elisabeth-Krankenhaus Essen, Akademisches Lehrkrankenhaus der Universität Duisburg-Essen
Klara-Kopp-Weg 1, 45239 Essen
k.lewandowski@contilia.de

Interessenkonflikt. Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

1. Akinnsi ME, Pineda LA, El Solh AA (2008) Effect of obesity on intensive care morbidity and mortality: A meta-analysis. *Crit Care Med* 36: 151–158
2. Athenaeos (1863) *The Deipnosophists*. Translated by Gulick CB. Harvard University Press, Cambridge/MA, p 497
3. Barabási A-F (2007) Network medicine – from obesity to the diseaseome. *N Engl J Med* 357: 404–407
4. Bonneux L, Barendregt JJ, Nusselder WJ, Van der Maas PJ (1998) Preventing fatal diseases increases healthcare costs: cause elimination life table approach. *BMJ* 316: 26–29
5. Brodsky JB, Lemmens HJ, Brock-Utne JG et al. (2002) Morbid obesity and tracheal intubation. *Anesth Analg* 94: 732–736
6. Cadi P, Guenoun T, Journois D et al. (2008) Pressure controlled ventilation improves oxygenation during laparoscopic obesity surgery compared with volume-controlled ventilation. *Br J Anaesth* 100: 709–716
7. Erlandsson K, Odenstedt H, Lundin S, Stenqvist O (2006) Positive end-expiratory pressure optimization using electric impedance tomography in morbidly obese patients during laparoscopic gastric bypass surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 50: 833–839
8. Gehr P, Mwangi DK, Ammann et al. (1981) Design of the mammalian respiratory system. V. scaling morphometric pulmonary diffusing capacity to body mass: wild and domestic animals. *Respir Physiol* 44: 61–86
9. Hall JB, Schmidt GA, Wood LDH (1994) Principles of critical care for the patient with respiratory failure. In: Murray JF, Nadel JA (eds) *Textbook of respiratory medicine* (vol 2), 2nd edn. WB Saunders, Philadelphia, pp 2545–2588
10. Hans GA, Prégaldien AA, Kaba A et al. (2007) Pressure-controlled ventilation does not improve gas exchange in morbidly obese patients undergoing abdominal surgery. *Obes Surg* 18: 71–76
11. Legrand R, Tobias JD (2006) Anesthesia and Prader-Willi syndrome: preliminary experience with regional anesthesia. *Pediatr Anesth* 16: 712–722
12. Lemmens HJM, Brodsky JB, Bernstein DP (2005) Estimating ideal body weight – a new formula. *Obes Surg* 15: 1082–1083
13. Mongero LB, Beck JR, Charette KA, Stewart A (2006) Respiratory failure of two sp gastric bypass patients and subsequent rescue with extracorporeal membrane oxygenation. *Perfusion* 21: 73–76
14. Neumann P, Rothen HU, Berglund JE et al. (1999) Positive end-expiratory pressure prevents atelectasis during general anaesthesia even in the presence of a high inspired oxygen concentration. *Acta Anaesthesiol Scand* 43: 295–301
15. Nielsen KC, Guller U, Steele SM et al. (2005) Influence of obesity on surgical regional anesthesia in the ambulatory setting: an analysis of 9,038 blocks. *Anesthesiology* 102: 181–187
16. O'Brien JM, Welsh CH, Fish RH et al. (2004) Excess body weight is not independently associated with outcome in mechanically ventilated patients with acute lung injury. *Ann Intern Med* 140: 338–345
17. Pankow W, Podszus T, Gutheil T et al. (1998) Expiratory flow limitation and intrinsic positive end-expiratory pressure in obesity. *J Appl Physiol* 85: 1236–1243
18. Pelosi P, Ravagnan I, Giurati G et al. (1999) Positive end-expiratory pressure improves respiratory function in obese but not in normal subjects during anesthesia and paralysis. *Anesthesiology* 91: 1221–1231
19. Perilli V, Sollazi L, Modesti C et al. (2003) Comparison of positive end-expiratory pressure with reverse Trendelenburg position in morbidly obese patients undergoing bariatric surgery: effects on hemodynamics and pulmonary gas exchange. *Obes Surg* 13: 605–609
20. Rose DK, Cohen MM, Wigglesworth DF, DeBoer DP (1994) Critical respiratory events in the postanesthesia care unit: patient, surgical and anesthetic factors. *Anesthesiology* 81: 410–418
21. Rothen HU, Neumann P, Berglund JE et al. (1999) Dynamics of re-expansion of atelectasis during general anaesthesia. *Br J Anaesth* 82: 551–556
22. Saravanakumar K, Rao SG, Cooper GM (2006) Obesity and obstetric anaesthesia. *Anaesthesia* 61: 36–48
23. Schultz MJ, Haitsma JJ, Slutsky AS, Gajic O (2007) What tidal volumes should be used in patients without acute lung injury. *Anesthesiology* 106: 1226–1231
24. Sharp J, Henry J, Sweany S et al. (1964) Effects of mass loading the respiratory system in man. *J Appl Physiol* 19: 959–965
25. Soens MA, Birnbach DJ, Ranasinghe JS, van Zundert A (2008) Obstetric anesthesia for the obese and morbidly obese patient: an ounce of prevention is worth more than a pound of treatment. *Acta Anaesthesiol Scand* 52: 6–19
26. Sturm R (2007) Increases in morbid obesity in the USA: 2000–2005. *Public Health* 121: 492–496
27. Tait AR, Voepel-Lewis T, Burke C et al. (2008) Incidence and risk factors for perioperative adverse respiratory events in children who are obese. *Anesthesiology* 108: 375–380
28. The Acute Respiratory Distress Syndrome Network (2000) Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 342: 1301–1308
29. The Association of Anaesthetists of Great Britain and Ireland (2007) Perioperative management of the morbidly obese patient. <http://www.aagbi.org> (letzter Zugriff 5. März 2008)
30. Valenza F, Vaginelli F, Tiby A et al. (2007) Effects of the beach chair position, positive end-expiratory pressure and pneumoperitoneum on respiratory function in morbidly obese patients during anesthesia and paralysis. *Anesthesiology* 107: 725–732
31. Von Ungern-Sternberg BS, Regli A, Reber A, Schneider MC (2005) Effect of obesity and thoracic epidural analgesia on perioperative spirometry. *Br J Anaesth* 94: 121–127
32. Whalen FX, Gajic O, Thompson GB et al. (2006) The effects of the alveolar recruitment maneuver and positive end-expiratory pressure on arterial oxygenation during laparoscopic bariatric surgery. *Anesth Analg* 102: 298–305
33. Wood LDH (1992) The respiratory system. In: Hall JB, Schmidt GA, Wood LDH (eds) *Principles of critical care*, 2nd edn. McGraw-Hill, New York, p 21

CME-Fragebogen

Bitte beachten Sie:

- Antwortmöglichkeit nur online unter: **CME.springer.de**
- Die Frage-Antwort-Kombinationen werden online individuell zusammengestellt.
- Es ist immer nur eine Antwort möglich.

Hinweis für Leser aus Österreich und der Schweiz

Österreich: Gemäß dem Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) der Österreichischen Ärztekammer werden die auf CME.springer.de erworbenen CME-Punkte hierfür 1:1 als fachspezifische Fortbildung anerkannt.

Schweiz: Der Anaesthetist ist durch die Schweizerische Gesellschaft für Anaesthesiologie und Reanimation mit 1 Credit pro Modul anerkannt.

Sie beabsichtigen, einen Patienten für eine elektive laparoskopische Cholezystektomie zu narkotisieren. Wie hoch liegt der Körper-Masse-Index („Body Mass Index“) bei einem 160 cm großen Patienten mit einem Gewicht von 120 kg?

- 35 kg/m².
- 47 kg/m².
- 68 kg/m².
- 111 kg/m².
- 145 kg/m².

Welche Aussage zur Epidemiologie der Adipositas trifft am wenigsten zu?

- Bei sozialen Kontakten zu adipösen Menschen kann das Risiko steigen, selber übergewichtig zu werden.
- Neben genetischen Ursachen und endokrinen Erkrankungen führen in den letzten Jahren vermehrt so genannte „Lifestyle-Faktoren“ zu Adipositas.
- Verglichen mit den anderen europäischen Ländern spielt das Übergewicht in Deutschland eher eine untergeordnete Rolle.
- In Deutschland werden mehr als 4 Mrd. Euro pro Jahr für das Problem „Adipositas“ ausgegeben.
- Nach den Daten einer niederländischen Studie belasten fettleibige Menschen und Raucher das Gesundheitswesen weniger als schlanke Nichtraucher.

Welche Aussage zur präoperativen Evaluation adipöser Patienten trifft am wenigsten zu?

- Häufige Begleiterkrankungen bei adipösen Patienten mit hohem „Body Mass Index“ sind das obstruktive Hypoventilationssyndrom (OHS) und das obstruktive Schlafapnoesyndrom (OSAS).
- Ein einfacher Screening-Test für ein obstruktives Hypoventilationssyndrom (OHS) ist die Messung der peripheren arteriellen Sauerstoffsättigung (SpO₂).
- Die Messung des Halsumfangs auf Höhe des Schildknorpels ist zur präoperativen Abschätzung einer schwierigen Intubation relevant.
- Der Mallampati-Score ist für die Evaluation des obstruktiven Schlafapnoesyndroms (OSAS) nicht von Bedeutung.
- Durch die präoperative Durchführung einer Masken-CPAP-Therapie kann die arterielle Oxygenierung verbessert werden.

Nach der Berechnung eines „Body Mass Index“ von 40 kg/m² bei einem Patienten entscheiden Sie sich für die Durchführung einer „rapid sequence induction“ (RSI). Welche Aussage zur RSI trifft am ehesten zu?

- Eine Präoxygenierung mit 100% Sauerstoff ist bei der Einleitung zur Allgemeinanästhesie eines Übergewichtigen nicht essenziell.

- Die Anlage einer Magensonde sollte in jedem Fall bereits vor der Intubation erfolgen.
- Die Anwendung des Krikoiddrucks ist eine risikolose Maßnahme zur Reduktion der Aspirationsgefahr.
- Bei der Einleitung einer Allgemeinanästhesie als RSI sollte der übergewichtige Patient in der „ramped position“ gelagert werden.
- Eine erschwerte endotracheale Intubation ist bei adipösen Patienten nicht zu erwarten.

Im Verlauf einer laparoskopischen Operation kommt es zu einem Abfall der arteriellen Sauerstoffsättigung auf 75%. Welche Aussage zur intraoperativen Beatmung adipöser Patienten trifft am wenigsten zu?

- Der Sättigungsabfall kann durch Atelektasen im Rahmen der Allgemeinanästhesie begründet sein.
- Die funktionelle Residualkapazität liegt bei übergewichtigen Patienten stets oberhalb des Verschlussvolumens („closing volume“).
- Ein Rekrutierungsmanöver mit einem positiven Atemwegsdruck von 40–50 cm H₂O über 10–15 s kann erforderlich sein.
- In dieser Situation kann die Umstellung von volumenkontrollierter Beatmung auf eine druckkontrollierte Beatmung den pulmonalen Gasaustausch verbessern.
- Die Berechnung des Tidalvolumens sollte anhand des idealen Körpergewichts erfolgen.

Welche der folgenden Veränderungen des respiratorischen Systems ist nicht typisch bei krankhaft Übergewichtigen?

- Abnahme der funktionellen Residualkapazität.
- Abnahme der Compliance der Lunge.
- Zunahme des intrapulmonalen Rechts-Links-Shunts.
- Verschlechterung der arteriellen Oxygenierung.
- Abnahme der Totraumventilation.

Aufgrund der häufig auftretenden respiratorischen Schwierigkeiten bei der Allgemeinanästhesie erscheint die Durchführung eines Regionalanästhesieverfahrens bei adipösen Patienten vorteilhaft. Welche Aussage dazu trifft am wenigsten zu?

- Regionalanästhesien bieten eine suffiziente postoperative Schmerztherapie.
- Die Häufigkeit akuter Komplikationen im Rahmen von Regionalanästhesieverfahren wird durch den Faktor Übergewicht nicht beeinflusst.
- Das Auftreten von postoperativer Übelkeit und Erbrechen (PONV) ist bei Regionalanästhesien deutlich seltener zu erwarten.
- Durch die Kombination einer thorakalen Regionalanästhesie mit einer Allgemeinanästhesie kann die postoperative Lungenfunktion bei adipösen Patienten nach Laparotomien deutlich verbessert werden.



- Regionalanästhesieverfahren bei Patienten mit Übergewicht zeichnen sich durch eine höhere Versagerquote aus als bei Normalgewichtigen.

Krankhaftes Übergewicht bedingt ein erhöhtes Aspirationsrisiko bei Narkoseeinleitung. Welcher der folgenden Faktoren ist *am wenigsten* hierfür verantwortlich?

- Erhöhter intraabdomineller Druck.
- Niedriger pH-Wert des Magensaftes
- Beschleunigte Magenentleerung.
- Großes Magensaftvolumen.
- Gesteigerte Inzidenz eines gastroösophagealen Refluxes.

Welche Aussage zur intra- und postoperativen maschinellen Beatmung des adipösen Patienten trifft *am ehesten* zu?

- Die Lagerung des Patienten hat keinen Einfluss auf die respiratorische Funktion.
- Vorteilhaft zur Vermeidung eines postoperativen Atemversagens bei adipösen Patienten ist eine Hyperhydratation.
- Im Gegensatz zur intraoperativen Beatmung sollten bei der postoperativen maschinellen Beatmung höhere Tidalvolumina (10–12 ml/kg ideales Körpergewicht) angewendet werden.
- Die PaCO₂-Werte müssen nicht im Normalbereich liegen.
- Bei einer Beatmung mit einem positiven endexpiratorischen

Druck (PEEP) wird bei nahezu allen adipösen Patienten ein effektiver Gasaustausch mit einem PEEP-Niveau von 5 cmH₂O erreicht.

Welche Aussage zur intraoperativen Lagerung adipöser Patienten trifft *am wenigsten* zu?

- Durch eine falsche intraoperative Lagerung über mehrere Stunden kann es zu einem akuten Nierenversagen kommen.
- Das Überhängen von Körperteilen oder Körpermasse muss unbedingt verhindert werden.
- Die Anwendung einer „umgekehrten Trendelenburg-Position“ hat einen vergleichbaren Effekt auf den pulmonalen Gasaustausch wie ein PEEP von 10 cmH₂O.
- Durch eine „Beach-chair-Lagerung“ kann die arterielle Oxygenierung verbessert werden.
- Läsionen des N. ulnaris treten typischerweise häufiger bei übergewichtigen Patienten auf als bei normalgewichtigen Patienten.

Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate auf CME.springer.de verfügbar.

Den genauen Einsendeschluss erfahren Sie unter CME.springer.de

Hier steht eine Anzeige.

 Springer