

Anästhesie bei laparoskopischen Eingriffen

Allgemeine Aspekte

Vor- und Nachteile der Methode

Die Vorteile des laparoskopischen Vorgehens im Vergleich zum offenen Eingriff liegen hauptsächlich im postoperativen Bereich.

Die Vor- und Nachteile der laparoskopischen Technik sind in der Tabelle gegenübergestellt (Tab. 1). Anästhesiologisch relevant sind Vorteile wie ein geringerer Blutverlust, die postoperativ geringere Schmerzintensität mit konsekutiv niedrigerem Analgetikabedarf sowie die postoperativ bessere Lungenfunktion. Resultat ist eine kürzere Krankenhausverweildauer [1].

Tab. 1

Vor- und Nachteile der laparoskopischen Technik

Vorteile	Nachteile
Intraoperativ: <ul style="list-style-type: none">• Diagnostik des gesamten Abdomens möglich• Geringerer Blutverlust• Operatives Trauma geringer	<ul style="list-style-type: none">• Höhere Kosten• Kaum taktile Informationen• Abstraktes Denken• z. T. längere OP-Zeit
Postoperativ: <ul style="list-style-type: none">• Kosmetisch überlegen• Geringere postoperative Schmerzintensität• Geringerer Analgetikabedarf• Bessere postoperative Lungenfunktion• Weniger Wundinfektionen• Schnellere Rückkehr zu Alltagsaktivitäten• Kürzere Krankenhausverweildauer	

Die postoperative Lungenfunktion ist nach laparoskopischen Verfahren deutlich weniger und kürzer eingeschränkt als nach vergleichbaren, offenen Eingriffen. Da die Manipulation in der Nähe des

Zwerchfells die Lungenfunktion zusätzlich beeinträchtigt, stellt sich dieser Vorteil der Laparoskopie bei Operationen im Oberbauch im Vergleich zu Eingriffen am Unterbauch deutlicher dar [2].

Besonderheiten der Patienten

Nach anfänglicher Skepsis, Patienten mit zusätzlichen Risikofaktoren laparoskopisch zu operieren, werden heute adipöse sowie kardial oder pulmonal erkrankte Patienten gezielt laparoskopisch behandelt. Wichtig ist es, die intraoperativen Veränderungen zu kennen, zu erkennen und gezielt zu therapieren.

Die einzige absolute Kontraindikation der Laparoskopie ist der erhöhte Hirndruck .

Operatives Vorgehen

Zur Laparoskopie wird meist über eine Verres-Nadel (eine Nadel mit gesicherter Spitze) oder über einen umbilikalen, offen platzierten Trokar Gas in das Abdomen insuffliert. Ist das Abdomen prall mit Gas gefüllt, können je nach operativer Notwendigkeit weitere Trokare platziert werden. Das Gas hebt die Bauchdecke von den inneren Organen ab und schafft so einen Raum zur Operation.

Alternativ kann statt des Gases auch die Technik des „Abdominal-wall-lift“ eingesetzt werden. Hierbei wird durch eine kleine Inzision ein Halteapparat nach intraabdominal verbracht, der so entfaltet werden kann (etwa wie das Gestänge eines Regenschirms), dass ebenfalls ein Operationsraum entsteht. Dieser Raum ist aber meist kleiner und schlechter konfiguriert als bei Verwendung eines Gases. Typische Komplikationen und Nebenwirkungen der reinen CO₂-Insufflation können dadurch ganz vermieden werden. Für die Cholecystektomie wurde bei dieser Operationsmethode jedoch keine Überlegenheit zur Laparoskopie mit Pneumoperitoneum (PP) gefunden [3].

Im klinischen Alltag hat sich die Verwendung von Kohlendioxid (CO₂) als Standardgas bewährt.

Da CO₂ gut im Blut löslich ist, führt erst eine größere Menge an Gas zur Embolie. Das im Blut gelöste CO₂ muss allerdings pulmonal aus dem Körper eliminiert werden. Durch CO₂ kann es zu Alterationen des Säure-Basen-Haushalts kommen. Inerte Gase wie Helium oder Argon werden nicht resorbiert, führen aber häufiger zu (Mikro)embolien und sind teuer [4].

Allgemeine anästhesiologische Aspekte

Die Insufflation eines Gases in das Abdomen führt dort zur Drucksteigerung . Der erhöhte intraabdominelle Druck (IAP) kann Auswirkungen auf die Funktion intra- und extraperitonealer Organe haben. Eine Übersicht dieser Veränderungen in einzelnen Organsystemen zeigt Tab. 2. Durch kraniale Verschiebung des Zwerchfells erhöht sich der Druck im Thorax. Dies beeinflusst v. a. Ventilation und Hämodynamik.

Tab. 2

Veränderung verschiedener Parameter bei Pneumoperitoneum

Hämodynamische Veränderungen

Herzfrequenz (HF)	↑↑
Arterieller Mitteldruck (MAP)	↑
Pulmonalarterieller Mitteldruck (MPAP)	↔
Zentraler Venendruck (ZVD)	↑↑
Wedgedruck (PCWP)	↔
Herzindex (CI)	↔ bzw. ↓
Schlagindex (SI)	↓↓
Systemischer Widerstandsindex (SVRI)	↔ bzw. ↑
Pulmonale Veränderungen	
Funktionelle Residualkapazität (FRC)	↓
Forciertes expiratorisches Volumen (FEV ₁), postoperativ	↓
Forcierte Vitalkapazität (FVC), postoperativ	↓
Atemwegsspitzenndruck (P _{peak})	↑
Compliance (C)	↓
Renale Veränderungen	
Urinausscheidung	↓
Glomeruläre Filtrationsrate (GFR)	↓
Renaler Blutfluss (RBF)	↓

Serumkreatinin	↔ bzw. ↑
Vasopressin	↑
Hepatische Veränderungen	
Hepatischer Blutfluss	↓
Transaminasen	↑

Hämodynamik

Die Befunde zu den Auswirkungen der Laparoskopie auf die Hämodynamik sind uneinheitlich. Dies liegt an der Vielzahl von Faktoren, die in dieser Situation die Hämodynamik beeinflussen. Der erhöhte intraabdominelle Druck und die Lagerung stehen hierbei im Vordergrund. Aber auch andere Faktoren wie die CO₂-Resorption (Abschn. [3.5](#)), der intravaskuläre Volumenstatus, chirurgische Manipulationen, die verwendeten Anästhetika sowie die Vorerkrankungen des Patienten spielen eine Rolle. In Abb. [1](#) sind die hämodynamischen Veränderungen durch den erhöhten IAP schematisch dargestellt. Initial kommt es durch das Auspressen der Splanchnikusvenen zu einer Steigerung der Vorlast und damit zu einem Blutdruckanstieg. Übersteigt der IAP den Druck in der Vene (IAP ≥15 mmHg), kollabiert diese und der Rückfluss zum Herzen nimmt wieder ab. Dieses Phänomen wird durch Kompression der V. cava, Blut-Pooling in den Beinen sowie einen erhöhten venösen Widerstand weiter verstärkt.

Abb. 1

Hämodynamische Veränderungen bei Laparoskopie

Der IAP sollte daher möglichst niedrig gehalten werden und 16 mmHg nicht übersteigen.

Durch einen erhöhten intrathorakalen Druck und die Stimulation von peritonealen Rezeptoren kommt es zur Ausschüttung von [Katecholaminen](#) mit Anstieg von Herzfrequenz und systemvaskulärem Widerstand. Durch diese Mechanismen wird der verminderte venöse Rückstrom kompensiert und der „cardiac output“ nahezu konstant gehalten. Der Blutdruck kann ansteigen; sogar krisenhafte [Hypertensionen](#) sind beschrieben. Ist gleichzeitig die Herzfrequenz erhöht, sind kurzwirksame Blocker eine Therapieoption. Bei isoliert erhöhtem MAP aufgrund eines gestiegenen SVR kommen kurzwirksame Vasodilatoren wie Nitropräparate zum Einsatz. Gute Erfolge wurden auch mit [Magnesium](#) in einer Dosis von 50 mg/kgKG i.v. erzielt [\[5\]](#).

Bei der laparoskopischen Adrenalektomie sind ebenso wie beim offenen Verfahren Komplikationen wie paroxysmale Tachykardie und [Hypertension](#) gefolgt von Kammerflimmern möglich.

Lungenfunktion

Allein eine [Allgemeinanästhesie](#) ohne Pneumoperitoneum reduziert die funktionelle Residualkapazität (FRC) um 20 %. Dieser Effekt wird durch eine Zunahme des alveolären Totraums bei Pneumoperitoneum weiter aggraviert.

Die [Compliance](#) von Lunge und Thorax (C_{tot}) nimmt mit steigendem IAP kontinuierlich ab, was einen Anstieg des Plateaudrucks nach sich zieht. Postoperativ nehmen die forcierte Vitalkapazität (FVC) und das forcierte expiratorische Volumen (FEV_1) ab. Bei der Laparoskopie mit anderen Gasen finden sich ähnliche Auswirkungen auf die Atemmechanik.

Die Frage nach dem besten Beatmungsregime während Laparoskopie wird kontrovers diskutiert. Druckkontrollierte oder [volumenkontrollierte Beatmung](#) scheinen gleichermaßen geeignet zu sein. Lediglich in einer Untersuchung an adipösen Patienten wurde ein höherer Oxygenierungsindex und ein niedrigerer p_aCO_2 bei vergleichbarem Beatmungsdruck mit [druckkontrollierter Beatmung](#) gefunden [6].

PEEP kann einer Reduktion der FRC zumindest teilweise entgegenwirken und so den Gasaustausch während Laparoskopie verbessern.

So reduzierte in einer prospektiven klinischen Studie eine [druckkontrollierte Beatmung](#) (PCV) mit einem PEEP von 5 cmH₂O im Vergleich zu einer PCV ohne PEEP die Inzidenz intraoperativer [Atelektasen](#) und verbesserte die Oxygenierung [7].

Nierenfunktion

Abhängig von der Höhe des IAP nimmt der abdominelle Perfusionsdruck und damit auch der renale Blutfluss (RBF) ab. Folge ist eine Reduktion der [glomerulären Filtrationsrate](#) (GFR) und eine Verminderung der Urinausscheidung. Der Serumkreatininwert kann ansteigen. Reaktiv ist die Sekretion von [Vasopressin](#) gesteigert. Am Ende des Pneumoperitoneums normalisieren sich die Werte. Eine Optimierung des Volumenstatus kann die Effekte abmildern. Im Tiermodell verbesserte eine Vorbehandlung mit Nitroglycerin die RPF, GFR und Urinausscheidung, während Endothelin- und NO-Blockade zu einer Verschlechterung führen [8].

Gastrointestinaltrakt und Leber

Die Steigerung des IAP während Pneumoperitoneum reduziert den intraabdominellen Perfusionsdruck proportional zur Höhe und Dauer des Druckanstiegs. Folge hiervon ist auch ein verminderter Blutfluss zur Leber. In einer Studie fand sich bei 37,5 % der Patienten eine subklinische hepatische Dysfunktion mit um bis zu 100 % gestiegenen Transaminasewerten [9].

CO₂-Resorption

CO₂ wird in Abhängigkeit vom IAP und vom Ort der CO₂-Applikation (intraperitoneal oder extraperitoneal) resorbiert.

Bei extraperitonealer CO₂-Applikation z. B. im Rahmen einer laparoskopischen radikalen Prostatektomie wird wesentlich mehr CO₂ resorbiert als bei intraperitonealer Applikation [10]. Das zusätzlich aufgenommene CO₂ wird über die Lunge vermehrt abgegeben. Bei alveolärer Minderventilation kommt es zu Hyperkapnie. Hierbei ist der Säure-Base-Haushalt so lange ausgeglichen, bis alle [Pufferkapazitäten](#) erschöpft sind. Danach entsteht eine Azidose, mit direkter Auswirkung auf den Gefäßtonus. So kommt es im großen Kreislauf zu einer Vasodilatation mit einer Reduktion des systemischen Widerstands und Hypotension. Im Gehirn kann diese Vasodilatation bei bereits erhöhtem intrazerebralem Druck zu massiven ICP-Anstiegen führen. Im Gegensatz hierzu konstringieren die Gefäße im Lungenkreislauf mit konsekutivem Anstieg des pulmonalvaskulären Widerstands. Bei Patienten mit vorbestehender Rechtsherzinsuffizienz kann eine akute Dekompensation die Folge sein.

Eine Möglichkeit, die pulmonale CO₂-Elimination zu erhöhen, ist die Steigerung der Ventilation. Bei gleicher Konzentration von CO₂ in der Ausatemluft wird dann über ein größeres Atemminutenvolumen (AMV) auch mehr CO₂ abgeatmet.

Um negative Effekte der CO₂-Resorption abzumildern, ist eine Steigerung des AMV um 10–15 % notwendig. Am effektivsten ist es, das AMV durch Erhöhung des Tidalvolumens zu steigern [11].

Bei Beendigung des PP nimmt der venöse Rückfluss aus der unteren Körperhälfte wieder zu, es kommt kurzzeitig zur erhöhten Resorption von CO₂. Um einer postoperativen Hyperkapnie mit einer damit einhergehenden erhöhten Atemarbeit vorzubeugen, sollte der Operateur daher am Ende des Eingriffs möglichst viel CO₂ aus dem Abdomen über die letzte intraabdominelle Schleuse absaugen.

Besonderheiten der Lagerung

Zur besseren Exposition der operativen Zielorgane werden z. T. **extreme Lagerungsarten** angewandt. Der klassische laparoskopische Eingriff, die Cholezystektomie, wird in Rückenlage begonnen. Intraoperativ wird der Patient dann in eine Kopfhoch- (Anti-Trendelenburg) und leichte Linksseitenlage verbracht. Eingriffe am Magen erfordern häufig eine kombinierte Kopfhochsteinschnittlage, sodass der Operateur zwischen den Beinen des Patienten stehen kann. Bei Operationen im Unterbauch kommt eine ausgeprägte Kopftieflagerung (Trendelenburg) zum Einsatz, bei der die sterile Operationsabdeckung teils bis über den Kopf des Patienten reicht. Zusätzlich wird auch die rechts- oder linksseitige Kippung angewendet. Die Beine werden entweder normal oder in Steinschnittlage gelagert; die Arme werden teilweise beide ausgelagert, einzeln angelagert oder auch beide angelagert.

Für den Anästhesisten ist neben den pathophysiologischen Auswirkungen extremer Lagerungsarten die eingeschränkte Erreichbarkeit venöser Zugänge, des Pulsoxymetriesensors und/oder des Kopfes von Bedeutung.

Die Lagerung für den jeweiligen Eingriff muss präoperativ mit dem Operateur geklärt werden, um die Platzierung venöser und arterieller Zugänge und deren Verlängerungsmöglichkeiten einzuplanen. Bei der Lagerung gilt das besondere Augenmerk der korrekten Anbringung von Stützen und Polstermaterial, um Druck- und Nervenschäden zu vermeiden (z. B. Vakuummatratze).

In der **Trendelenburg-Position** mit Pneumoperitoneum kommt es zu einem erhöhten venösen Rückfluss. Hierdurch steigen ZVD und Herzzeitvolumen an. Die Verlagerung des Zwerchfells nach kranial führt zu einer verminderten statischen Compliance der Lunge mit einem erhöhten inspiratorischen Widerstand.

In der **Anti-Trendelenburg-Position** reduziert sich der Herzindex, während der MAP meist unverändert bleibt. Bezüglich der Lungenfunktion kommt es zu den gleichen Veränderungen wie bei Trendelenburg-Lagerung [12, 13]. Die Veränderungen durch die Lagerung scheinen aber bei einem Pneumoperitoneum unter 16 mmHg nicht klinisch relevant zu sein.

Durchführung der Anästhesie

Zur Durchführung eines laparoskopischen Eingriffs eignen sich die totale intravenöse Anästhesie (TIVA) mit Propofol und Opioid oder die balancierte Anästhesie mit gut steuerbaren volatilen Anästhetika (z. B. Sevofluran, Desfluran).

Ob die Kombination einer Vollnarkose mit einer epiduralen Anästhesie bei großen laparoskopischen Eingriffen Vorteile bietet, ist unklar. Zwar ist die Schmerzintensität unter postoperativer

pateinenkontrollierter Epiduralanalgesie (PCEA) niedriger ist als mit alternativen Verfahren. Die Risiken des Verfahrens selbst machen jedoch eine individuelle Abwägung erforderlich. Dabei scheinen insbesondere pulmonale Risikopatienten bei laparoskopischen Oberbaucheingriffen von einer thorakalen Epiduralanalgesie zu profitieren [14].

Die Intubationsnarkose ist immer noch weit verbreiteter Standard, da sie den besten Aspirationsschutz bietet und auch eine [Beatmung](#) mit hohen Beatmungsdrücken unter Pneumoperitoneum ermöglicht. In den letzten Jahren sind allerdings auch die [Larynxmasken](#) weiter verbessert worden. So ist z. B. die Einlage einer Magensonde über einen separaten Drainagekanal und die Beatmung mit höheren Beatmungsdrücken durch eine optimierte Passform möglich. Die modernen Larynxmasken wurden sogar bei laparoskopischen Eingriffen an adipösen Patienten mit Erfolg eingesetzt. Es konnten hierdurch die Risiken und Nebenwirkungen einer [endotrachealen Intubation](#) vermindert und der Patientenkomfort signifikant erhöht werden. Von relevanten Zwischenfällen wurde nicht berichtet [15, 16].

Das Volumen des Magens sollte v. a. bei Oberbaucheingriffen über eine Magensonde reduziert werden. Bei Eingriffen im Unterbauch kann die Entleerung der Blase mittels Dauerkatheter die Übersicht für den Operateur verbessern.

Wichtig ist die ausreichende Relaxation bis zum Ende des Eingriffs. Am gut relaxierten Patienten lässt sich auch bei niedrigem IAP gut operieren.

Hier kann z. B. Mivacurium – bei normaler Cholinesterase – als kurzwirksames und gut steuerbares Relaxans eingesetzt werden. So können die intraoperativen Nebenwirkungen des IAP und die Gefahr der unbeabsichtigten Verletzung anderer Organe durch unvorhergesehene Bewegungen oder Pressen des Patienten gering gehalten werden. Der Vorteil von Rocuronium besteht darin, dass ein Relaxansüberhang am Ende der Laparoskopie durch den Relaxansenkapsulator Sugammadex aufgehoben werden kann.

Monitoring

Neben dem Standardmonitoring wie [EKG](#), [Pulsoxymetrie](#) und Blutdruckmessung kommen bei der Laparoskopie der Relaxometrie und der endtidalen CO₂-Messung (p_{et}CO₂) besondere Bedeutung zu.

Die ausreichende Relaxation, möglichst bis zum Ende der eigentlichen Laparoskopie, kann nur unter relaxometrischer Überwachung sicher gewährleistet werden. Zielwert sollte ein Train-of-four (TOF) von 1–2 bis zum Ende des intraabdominellen Teils der Operation sein.

Die p_{et}CO₂-Messung erlaubt es, die [Beatmung](#) der CO₂-Resorption anzupassen, sodass der p_{et}CO₂-Wert im Bereich von 34 mmHg gehalten werden kann. Da bei Laparoskopie mit steigendem Lebensalter auch die endtidal-arterielle CO₂-Differenz ansteigt, sind bei älteren Patienten zum korrekten Monitoring der Ventilation regelmäßige [Blutgasanalysen](#) indiziert.

Die p_{et}CO₂-Messung ist auch ein wichtiges Instrument zur Erkennung spezieller Komplikationen der Laparoskopie wie CO₂-Embolie, [Pneumothorax](#) oder sekundäre einseitige Intubation.

Wie beim offenen Vorgehen bedürfen kardiopulmonale Risikopatienten eines erweiterten Monitorings, um pathophysiologische Veränderungen erkennen und gezielt therapieren zu können.

Anästhesiologische Besonderheiten bei besonderen Patientengruppen

Kardiale Risikopatienten

Bei kardialen Risikopatienten sollte aufgrund der zu erwartenden hämodynamischen Veränderungen eine invasive arterielle Blutdruckmessung erfolgen. Der koronare Risikopatient sollte elektrokardiographisch mit den Ableitungen II und V5 überwacht werden, wobei eine ST-Segmentanalyse wünschenswert ist. Bei Patienten mit stark eingeschränkter Ventrikelfunktion kann ein HZV-Monitoring mittels PICCO-System oder bei zusätzlichem pulmonalem Hypertonus mittels Swan-Ganz-Katheter indiziert sein. Auch eine [transösophageale Echokardiographie](#) erlaubt dem erfahrenen Untersucher Rückschlüsse auf die Ventrikelfunktion. Das Pneumoperitoneum (PP) sollte in Rückenlage angelegt werden.

Bei Risikopatienten ist eine langsame Insufflation bis zu einem IAP von 8 mmHg bis maximal 10 mmHg von Vorteil.

Bei diesem Druckniveau kann unter ausreichender Relaxierung meist ohne wesentliche Beeinträchtigung der Hämodynamik gut operiert werden. Keinesfalls soll ein IAP von 15 mmHg überschritten werden. Nach Herstellen des PP wird der Patient aus der Rückenlage in die entsprechende Operationslage verbracht. Bei Patienten mit Koronarstenosen kann es in der Folge auch zur Myokardischämie kommen. Intraoperative, hämodynamische Probleme sind primär auf eine erhöhte Nachlast, erst bei höherem IAP auf eine erniedrigte Vorlast mit konsekutivem Abfall des HZV zurückzuführen. Nachlastsenkung durch Erhöhung der Narkosegaskonzentration oder die kontinuierliche Zufuhr von Vasodilatoren wie Nitroglycerin sowie ausreichende Volumensubstitution können die Pumpleistung verbessern. Als weitere Maßnahme können positiv-inotrope Substanzen mit peripherdilatierender Wirkung wie Dobutamin oder Milrinon eingesetzt werden. Diese Medikamente werden kontinuierlich und nach Wirkung mittels Perfusor appliziert. Außer über die Anwendung von Nitroglycerin gibt es keine systematischen Daten zur medikamentösen Kreislauftherapie bei der Laparoskopie.

Ist die Situation nicht beherrschbar, sollte das PP zügig abgelassen werden, da sich damit die Hämodynamik meist schlagartig normalisiert. Tritt Besserung ein, kann versucht werden, die Operation mit einem niedrigeren IAP fortzuführen oder mit intermittierendem PP zu arbeiten. Notfalls muss auf ein offenes Verfahren umgestiegen werden.

Die Frage, ob bei einem Patienten mit eingeschränkter Herzfunktion die Durchführung eines laparoskopischen Verfahrens trotz potenziell negativer hämodynamischer Effekte gerechtfertigt ist, muss anhand der Risiken des offenen Eingriffs und unter Abwägen der zu erwartenden [postoperativen Komplikationen](#) entschieden werden. Die Wahl wird v. a. bei Oberbaucheingriffen meist zugunsten der Laparoskopie ausfallen.

Pulmonale Risikopatienten

Bei Patienten mit Vorerkrankungen der Lunge können sich durch das höher getretene Zwerchfell während der Laparoskopie vermehrt **basale Atelektasen** ausbilden, die durch Erhöhung des pulmonalen Shunts den Gasaustausch verschlechtern. Diese Risikopatienten profitieren möglicherweise wegen der überlegenen postoperativen Analgesie von der Kombination einer Allgemein- und Periduralanästhesie. Es empfiehlt sich, vor Narkoseeinleitung eine invasive Blutdruckmessung zu installieren und eine [Blutgasanalyse](#) unter Raumluft zu entnehmen, um den Ausgangswert zu dokumentieren. Während der Prozedur ist auf eine lungenprotektive [Beatmung](#) mit einem Tidalvolumen von 6–8 ml/kgKG mit einem möglichst niedrigen Spitzendruck und einem adäquaten PEEP zu achten. Zur Kontrolle des Gasaustauschs sind regelmäßige Blutgasanalysen angezeigt. Bei Patienten mit bekannter Hyperkapnie sollte man keine Normoventilation anstreben,

sondern am Ausgangswert orientierte, höhere CO₂-Werte tolerieren („permissive Hyperkapnie“). Postoperativ profitieren die Patienten von einer Atemtherapie mit [CPAP](#). Eine suffiziente Analgesie ist hierfür absolute Voraussetzung. Nach längeren laparoskopischen Eingriffen kann die Überwachung der Patienten auf einer Intensiv- bzw. Intermediate-Care-Station erforderlich werden.

Adipositas permagna

Patienten mit [Adipositas](#) permagna profitieren von einem laparoskopischen Verfahren, da es mit weniger [postoperativen Komplikationen](#), einem geringeren Risiko für eine Re-Operation und einer kürzeren Krankenhausverweildauer assoziiert ist [17]. Für die speziellen Aspekte der Anästhesieführung bei adipösen Patienten: Kap. „Anästhesie bei Adipositas-Patienten“.

Schwangerschaft

Ca. 2 % aller Schwangeren benötigen während der Schwangerschaft einen abdominellen Eingriff aufgrund einer nichtgeburtshilflichen Indikation (44 % Appendektomie, 22,3 % Cholecystektomie). In den USA werden 64,8 % dieser Eingriffe laparoskopisch durchgeführt. Zahlreiche Untersuchungen berichten von Vorteilen der Laparoskopie im Vergleich zum offenen Vorgehen. Allerdings zeigen [Metaanalysen](#) bei laparoskopischer Appendektomie eine signifikant erhöhte Rate an Fehlgeburten, die einer z. T. erhöhten Zahl an [Frühgeburten](#) nach Laparotomien gegenüber steht. Hier ist ggf. ein offenes Vorgehen zu erwägen [18].

Bei der laparoskopischen Cholecystektomie konnte eine deutlich verkürzte Hospitalisierung, ein reduzierter Analgetikabedarf und eine schnellere Rückkehr zu einer normalen Nahrungsaufnahme nachgewiesen werden. Ein gegenüber dem offenen Verfahren erhöhtes Risiko für Mutter oder Kind besteht nicht [19]. Idealerweise sollte der fetale und uterine Status prä- sowie postoperativ erhoben und dokumentiert werden. Teratogene Medikamente sind zu vermeiden. Intraoperatives fetales Monitoring verbessert die Letalität nicht. Ein V.-cava-Kompressionssyndrom sollte durch konsequente Linksseitenlagerung vermieden werden. Der IAP sollte 15 mmHg nicht überschreiten.

Bei entsprechender Indikation und regelrechter Durchführung ist in der Schwangerschaft die laparoskopische der offenen Cholezystektomie vorzuziehen.

Kinder

Die Laparoskopie findet zunehmend auch bei Säuglingen und Kleinkindern Anwendung. Die Art der kardiorespiratorischen Veränderungen entsprechen grundsätzlich denen bei Erwachsenen. Durch die kleinere Abdominalhöhle wirken sich jedoch hohe Drücke im Abdomen stärker auf das Herz-Kreislauf-System und die Lunge aus. Eine adäquate [Volumentherapie](#) und ein IAP unter 8 mmHg gewährleisten, dass ein Pneumoperitoneum auch von Säuglingen und Kleinkindern gut toleriert wird.

Ausgeprägter und für die kindliche Hämodynamik entscheidender sind vagale Reflexe durch mesenterialen Zug oder abdominelle Dehnung [20].

Bei Kindern ist während Laparoskopie die Gefahr der Tubusdislokation besonders groß. Deshalb muss auf eine korrekte Tubusfixierung und eine regelmäßige Kontrolle der Tubuslage geachtet werden. Bei Kindern im Alter unter einem Jahr kommt es innerhalb der ersten 45 min regelhaft zur [Anurie](#), bei älteren Kindern zur [Oligurie](#), mit einer kompensatorisch erhöhten Urinproduktion in den ersten 6 h nach dem Eingriff. Daher darf sich die Flüssigkeitsbilanzierung während laparoskopischer Eingriffe nicht an der Urinproduktion orientieren. [Diuretika](#) zur Stimulierung der Diurese sind in dieser Situation nicht indiziert ist [21].

Kontraindikationen zur Laparoskopie bei Kindern

- Angeborene Herzfehler
- Schwerere respiratorische Erkrankungen
- [Pneumothorax](#)

Der IAP darf bei Kindern einen Wert von 8 mmHg nicht übersteigen, die Kopfhoch- oder Kopftieflagerung sollte weniger als 15° betragen.

Anästhesiologische Besonderheiten bei speziellen Eingriffen

Gastrale Funduplicatio

Bei der Funduplicatio wird der distale Ösophagus freipräpariert und der Magenfundus um den Ösophagus geschlagen, um zu verhindern, dass der Magen sich nach intrathorakal verlagern kann. Hierbei wird intraoperativ eine große Magensonde oral platziert, um zu gewährleisten, dass die verbleibende Mageneingangsöffnung ausreichend groß ist. Diese Sonde wird vom Anästhesisten vorgeschoben. Der Operateur richtet das Laparoskop auf den Mageneingang und sieht so, wie die Magensonde den distalen Ösophagus vorwölbt. Die Sonde wird so ausgerichtet, dass sie gerade in den Magen reicht. Bei Bedarf muss sie intraoperativ mehrmals neu platziert werden.

Cave

Eine typische Komplikation dieses Eingriffs ist der [Pneumothorax](#).

Bei der Präparation des Ösophagus kann die Pleurahöhle verletzt werden, sodass Insufflationsgas aus dem Abdomen in den Pleuraspalt gelangt. Um diese Gasmenge zu minimieren, muss die Druckdifferenz zwischen Abdominal- und Pleurahöhle möglichst gering gehalten werden. Deshalb sollte zum einen der IAP niedrig gewählt werden, zum anderen kann versucht werden, mit einem PEEP des gleichen Druckniveaus zu beatmen. Ein hämodynamisch oder atemmechanisch relevanter [Pneumothorax](#) muss drainiert werden. Dabei genügt es, eine dünnlumige Drainage zu legen, da nur Gas und kein Sekret gefördert werden muss.

Robotergestützte Laparoskopie

Aufgrund der höheren chirurgischen Präzision, höherer Bewegungsfreiheit und einer besseren Darstellbarkeit können viele intra- und extraperitoneale Eingriffe (z. B. Prostatektomien) robotergestützt durchgeführt werden. Hierbei kann durch die notwendige Positionierung des Roboters der Zugang zum Patienten noch deutlich eingeschränkter sein. Redundanzen im Monitoring wie z. B. eine zweite Blutdruckmanschette oder zweites Pulsoxymeter können sinnvoll sein. Die Indikation zur invasiven Blutdruckmessung sollte großzügig gestellt werden. Da ein schnelles Rückziehen der Instrumente durch den Roboter bei Patientenbewegungen nicht möglich ist, muss auf eine ausreichende Relaxierung geachtet werden, um Verletzungen zu verhindern

Komplikationen

Intraoperative Komplikationen

Gefäßverletzung

Gefäßverletzungen sind selten, können aber katastrophal enden. Am häufigsten werden Gefäße beim Anlegen des PP mit der Verres-Nadel oder einem Trokar verletzt. Potenziell können alle Gefäße bis hin zur Aorta betroffen sein. In aller Regel bedarf es in dieser Situation der offenen Laparotomie mit Gefäßrevision. Die anästhesiologische Problematik ist dann durch den z. T. erheblichen Blutverlust gekennzeichnet.

Sekundäre einseitige Intubation

Mit Insufflation des PP tritt – verstärkt durch eine Kopftieflagerung – das Zwerchfell nach kranial, wodurch auch die Carina nach kranial verlagert wird. Da der Endotrachealtubus am Mundwinkel fixiert ist, kann die Tubusspitze bis zu 3 cm tiefer eindringen. Der Cuff des Tubus sollte daher bei der Intubation möglichst knapp unterhalb der Stimmbänder platziert werden ([22]; Tab. 3).

Tab. 3

Klinische Befunde, Verdachtsdiagnosen und weiterführende Diagnostik bei akuten Beatmungsproblemen während Laparoskopie. (Mod. nach [22])

S_pO_2	↓	↓	↓	↑
$p_{et}CO_2$	↑	↑	↓	↑
p_{aw}	↑	↑	↔	↔
AMV	↓	↓	↔	↔
Verdachtsdiagnose	<u>Pneumothorax</u>	Endobronchiale Intubation	CO ₂ -Embolie	Hautemphysem
Sicherung der Diagnose	Perkussion, Thoraxröntgen, Auskultation	Auskultation	Mühlradgeräusch, Hypotension, EKG-Veränderungen	Palpation

Bei einem Sättigungsabfall, insbesondere zu Beginn einer Laparoskopie, muss die akzidentelle einseitige Intubation ausgeschlossen werden.

Hautemphysem

Gelangt insuffliertes CO₂ in die Subkutis, bildet sich von der Eintrittsstelle ausgehend ein Hautemphysem. Im Extremfall kann sich das Hautemphysem am gesamten Körperstamm ausbreiten und bis in die Halsweichteile und die Extremitäten reichen. Das ausgetretene CO₂ wird im Blut resorbiert.

Zuerst fällt der rasche Anstieg des $p_{et}CO_2$ auf.

Meist tritt ein Hautemphysem in den ersten 45 min einer Operation auf, ist aber grundsätzlich jederzeit möglich. Häufig ist die Eintrittspforte eine inkorrekt platzierte Insufflationsschleuse, die das

CO₂ nach subkutan statt nach intraabdominell fördert. In diesem Fall muss die Schleusenlage sofort korrigiert werden. Auch bei operativen Manipulationen am Ösophagus kann ein Hautemphysem auftreten, das dann häufig mit einem [Pneumothorax](#) vergesellschaftet ist. An den Durchtrittsöffnungen des Zwerchfells gelangt das Insufflationsgas nach mediastinal und breitet sich von dort subkutan in den Hals- und Kopfbereich aus.

Es ist unklar, ab welchem IAP es zur vermehrten Resorption von CO₂ kommt. Als Warnzeichen kann ein übermäßiger CO₂-Bedarf zum Erhalt des PP dienen. Bei unverhältnismäßiger Resorption sollte die Operation möglichst zügig beendet oder notfalls auf ein offenes Verfahren übergegangen werden. Ein [Pneumothorax](#) muss ausgeschlossen werden. Das Atemminutenvolumen wird erhöht, um das anfallende CO₂ zu eliminieren.

Der Patient muss solange beatmet werden, bis für ihn normale p_{et}CO₂- und p_aCO₂-Werte bei normalem Atemminutenvolumen erreicht sind. Ein Hautemphysem im Bereich der Halseingeweide kann im Extremfall zur Atemwegsobstruktion führen und erfordert dann eine längere Nachbeatmung.

Die Resorption eines Hautemphysems erfolgt meist in 1–2 Tagen, kann aber auch bis zu einer Woche dauern (Tab. 3).

Pneumothorax

Bei Verwendung eines Gases zur Laparoskopie kann ein [Pneumothorax](#) jederzeit während der Operation auftreten, wird jedoch häufig erst am Ende der Operation bemerkt. Bei der Cholezystektomie ist der Pneumothorax häufiger rechtsseitig, bei Manipulation am oberen Magen und unteren Ösophagus ist er eher linksseitig lokalisiert. Häufig findet sich dann auch ein Hautemphysem.

Die führenden Zeichen sind: plötzlicher Anstieg des p_{et}CO₂, wenn CO₂ verwendet wurde, plötzlicher Anstieg des Atemwegdrucks, insbesondere des Plateaudrucks und eine Reduktion der pulmonalen [Compliance](#). Meist fällt die pulsoxymetrisch gemessene Sättigung ab. Klinisch findet sich ein aufgehobenes Atemgeräusch und ein hypersonorer Klopfeschall auf der betroffenen Seite (Tab. 3; [22]).

Differenzialdiagnostisch kommt eine einseitige endobronchiale Intubation in Betracht. Diese tritt allerdings eher zu Beginn einer laparoskopischen Operation auf, z. B. bei der Anlage des PP bzw. bei Änderungen der Lagerung.

Gas kann auf verschiedene Weise in den Thorax gelangen: angeborene Verbindungen von Pleura und Peritoneum, an den Durchtrittsöffnungen des Zwerchfells, entlang des Lig. falciforme und entlang der inguinalen Gefäße über das Retroperitoneum.

Im Falle eines hämodynamisch oder atemmechanisch wirksamen [Pneumothorax](#) muss die CO₂-Insufflation sofort abgestellt und eine [Thoraxdrainage](#) gelegt werden.

Pneumomediastinum/Pneumoperikard

Ein [Pneumomediastinum](#) bzw. ein Pneumoperikard tritt selten bei Eingriffen oder Manipulationen am Zwerchfell auf. Differenzialdiagnostisch kommt hier der [Pneumothorax](#) und die Gasembolie in Frage. Sind diese ausgeschlossen, und ist der Patient trotz Beendigung des PP weiter hämodynamisch instabil, muss an diese seltene Komplikation gedacht werden [22].

Ein Pneumoperikard oder [Pneumomediastinum](#) können mit der [Echokardiographie](#) am besten nachgewiesen werden. Therapeutisch muss beim Pneumoperikard eine Perikardiotomie durchgeführt werden, das Pneumomediastinum muss je nach Ausprägung ggf. drainiert werden.

Gasembolie

Eine gefürchtete Komplikation der Laparoskopie ist die Embolie mit dem Insufflationsgas.

Die zur hämodynamisch relevanten Embolie erforderliche Menge an Gas ist bei CO₂ 5-mal höher als bei anderen Gasen, was für die Verwendung von CO₂ spricht.

Wird das PP mit der Verres-Nadel angelegt, so ist besonders bei voroperierten Patienten mit Verwachsungen, aber auch bei Patienten ohne Voroperation die Gefahr der versehentlichen intravasalen Insufflation groß. Eine sicherere Alternative ist die offene Minilaparotomie mit Einführung des Insufflationstrokars unter Sicht. Wichtig ist die ausreichende Relaxation des Patienten in der Phase der Anlage des PP, um die Gefahr einer akzidentellen Perforation retroperitonealer Gefäße besonders bei schlanken Patienten zu vermeiden.

Auch während der Operation kann es schon ohne Verletzung eines Gefäßes zur raschen, peritonealen Aufnahme von CO₂ kommen. Im TEE lassen sich während Pneumoperitoneum häufig Mikroembolien nachweisen, die meist mit einem Anstieg des p_{et}CO₂ einhergehen.

Bei Verletzung venöser Gefäße kommt es ab einem IAP von 10 mmHg und mehr regelhaft zur vermehrten CO₂-Resorption, während bei geringerem IAP Blut eher aus dem Gefäß austritt, und CO₂ nicht aufgenommen wird.

Auch über verletzte Lebervenen kann CO₂ aufgenommen werden. Mit steigendem IAP wird der portale Blutfluss behindert, es kommt zur portalvenösen Stase – je ausgeprägter die Stase ist, desto größer ist der Gefäßquerschnitt. Die aufgenommene Menge an CO₂ steigt mit der Zunahme des Gefäßquerschnitts. Je langsamer das Blut in einem verletzten Gefäß fließt, desto mehr CO₂ kann resorbiert werden. Somit steigt mit zunehmenden IAP bei laparoskopischen Eingriffen an der Leber die Gefahr einer CO₂-Embolie. Eine kritische Grenze scheint ein IAP von 8 mmHg zu sein, unterhalb dessen die Emboliegefahr gering ist.

Bei Leberresektion sollte ein IAP von 8 mmHg möglichst nicht überschritten werden.

Massiven Gasembolie

• Symptome

- Plötzlicher Abfall des p_{et}CO₂
- S_pO₂-Abfall bei unverändertem Atemwegsdruck
- Hypotension
- [Herzrhythmusstörungen](#)
- Präkordiales Mühlradgeräusch (Tab. [3](#))

• Therapie

- Sofortige Beendigung des Pneumoperitoneums
- Steile, linksseitige Lagerung, um ein Eintreten der Gasblase in die A. pulmonalis zu verhindern

- [Beatmung](#) mit F_{iO_2} 1,0
- Hyperventilation

Die Evakuierung der Luftblase kann über einen zentralen Katheter versucht werden. Als Ultima Ratio kommt der Einsatz einer Herz-Lungen-Maschine in Frage.

Einschwemmsyndrom

Ein dem Einschwemmsyndrom bei transurethraler Prostataresektion (TURP) ähnlicher Verlauf kann auch bei laparoskopischen Operationen am Uterus auftreten. Muss bei der Operation intraabdominell viel Spüllösung angewendet werden, und wird diese nicht abgesaugt, so kann sie bei größeren Wundflächen resorbiert werden. Im Gegensatz zur TURP kommt bei der Laparoskopie in der Regel keine hypotone Lösung, sondern 0,9 %-NaCl-Lösung zur Anwendung. Dadurch muss eine massive [Hyponatriämie](#) bei Einschwemmung der Spüllösung nicht befürchtet werden. Es kann allerdings zur akuten Volumenüberladung kommen. Die Patienten werden meist durch Zeichen der [Herzinsuffizienz](#) mit Lungenödem auffällig.

Hypothermie

Unter Laparoskopie kommt es ebenso zur [Hypothermie](#) wie bei offenen Verfahren. Insbesondere Spülung mit ungewärmter Lösung spielt hier eine wichtige Rolle. Daher sollten **Spüllösungen angewärmt** werden, v. a. wenn größere Mengen verwendet werden. Bei langen Eingriffen sind zusätzlich wärmeerhaltende Maßnahmen (konvektive Warmluftzufuhr) sinnvoll. Die Erwärmung des Insufflationsgases hat keinen wesentlichen, protektiven Effekt.

Intraabdominelle Rauchentwicklung

Bei der intraabdominellen Verwendung von Elektrokautern kann es zur Rauchentwicklung und bei Verwendung von (Carbon-)Lasern zusätzlich zur Produktion von Kohlenmonoxid kommen [23]. Dies kann die Sicht des Operateurs deutlich verschlechtern und über eine peritoneale Resorption zu einem Anstieg des Carboxyhämoglobingehalts (COHb) des Blutes führen.

Bei Laseranwendung sollte der entstehende Rauch nach außen abgesaugt werden.

Tumormetastasen/Peritonitis

Experimentelle Studien zeigen einen möglichen Einfluss des PP auf die Aussaat von Metastasen in der Abdominalhöhle und an Trokareinstichstellen. CO_2 soll das Wachstum von Metastasen mehr fördern als z. B. Helium, während die gaslose, laparoskopische Resektion zwar bezüglich der Tumoraussaat Vorteile bieten soll, aber die Sicht auf das Operationsfeld einschränkt.

Auch bei der Entwicklung einer postoperativen [Peritonitis](#) kann ein laparoskopisches Vorgehen möglicherweise problematisch sein. Nach laparoskopischer Versorgung von Magenperforationen scheint die Sepsisrate höher zu sein als nach konventioneller Operation.

Die Datenlage ist in diesen beiden Bereichen noch sehr widersprüchlich. Dennoch können sich die Indikationen für einen laparoskopischen Eingriff in der Zukunft noch verändern.

Postoperative Komplikationen

Schmerz/Schalterschmerz

Trotz der kleinen Hautinzisionen treten nach laparoskopischen Eingriffen [Schmerzen](#) auf. Deshalb ist auch bei Laparoskopien eine ausreichende Analgesie, nicht zuletzt im Hinblick auf die postoperative

Atemmechanik, von zentraler Bedeutung. Bis zu 80 % der Patienten benötigen postoperativ [Opioide](#). Der primäre, postoperative Schmerz ist viszeral. Die Schmerzen der Trokareinstichstellen sind eher von untergeordneter Bedeutung, außer wenn größere Schnitte zur Bergung von reseziertem Material notwendig waren. Die Infiltration der Einstichstellen bzw. eine Rektusscheidenblockade wird von manchen Autoren zur Bekämpfung dieses Schmerzes empfohlen. Eine Analgesie rechtzeitig vor Ende der Prozedur ist von Vorteil. Hier bietet sich eine Kombination von lang wirksamen Opioiden (wie z. B. Piritramid) in Kombination mit Nicht-Opioid-Analgetika (z. B. [Metamizol](#), [Paracetamol](#) etc.) unter Beachtung der Kontraindikationen an.

Eine besondere Form des [Schmerzes](#) nach laparoskopischen Eingriffen ist der Schulterschmerz. Nach Cholezystektomie ist er meist rechts lokalisiert, tritt erst nach 24 h in den Vordergrund und hält teilweise 3–4 Tage an. Auslöser ist die abdominelle Reizung des Zwerchfells und die zentrale Fortleitung über den N. phrenicus.

Verschiedene Mechanismen werden für die Auslösung von [Schmerzen](#) nach Pneumoperitoneum verantwortlich gemacht.

Durch den gesteigerten, intraabdominellen Druck werden peritoneale und phrenische Nerven des Zwerchfells gedehnt. Daher sollte mit möglichst niedrigem IAP unter Vermeidung von Druckspitzen operiert werden [\[24\]](#).

Die phrenischen Nerven werden im azidotischen Milieu gereizt. Der intraperitoneale pH-Wert sinkt unter CO₂-PP auf 6,0 ab. Das Ausmaß des pH-Abfalls hängt von der Dauer des CO₂-PP ab. Eine kurze Operationszeit ist von Vorteil. Darüber hinaus scheint die effektive Entfernung des CO₂ am Ende des Eingriffs die postoperativen [Schmerzen](#) zu reduzieren.

Bei gynäkologischen Patienten reduzierte eine 30 Trendelenburg-Lagerung und fünfmalige manuelle pulmonale Rekrutierung vor OP-Ende die Schmerzintensität von 63 % auf 31 % und die Inzidenz von PONV von 56,5 % auf 21,4 % [\[25\]](#).

Nausea und Emesis

Die Inzidenz von postoperativer Übelkeit und Erbrechen (PONV) nach laparoskopischen Eingriffen ist mit 50–75 % überdurchschnittlich hoch. Die exakten Gründe hierfür sind nicht bekannt. Eine entsprechende Risikoklassifizierung und PONV-Prophylaxe (Kap. „Postoperative Phase/Aufwachraum“) ist daher besonders wichtig [\[26\]](#). Besonderer Stellenwert kommt hierbei dem Kortikoid Dexamethason zu. So ergab eine [Metaanalyse](#) eine Senkung des relativen PONV-Risikos um 45 % nach intraoperativer Applikation von 8–16 mg Dexamethason, ohne relevante Nebenwirkungen herbeizuführen [\[27\]](#).