

Módulo 1 - Leitura 1 - Considerações anestésicas para ressecção pulmonar

Considerações anestésicas para ressecção pulmonar: avaliação pré-operatória, desafios intraoperatórios e manejo pós-operatório

Debra Lederman¹, Jasmeet Easwar², Joshua Feldman², Victoria Shapiro¹

¹Faculdade de Medicina da New York Medical College, Westchester Medical Center, Valhalla, Nova Iorque, EUA; ²Departamento de Anestesiologia, Faculdade de Medicina da New York Medical College, Westchester Medical Center, Valhalla, Nova Iorque, EUA

Contribuições: (I) Concepção e design: Todos os autores; (II) Suporte administrativo: Nenhum; (III) Fornecimento de materiais de estudo ou pacientes: Nenhum; (IV) Coleta e montagem de dados: Todos os autores; (V) Análise e interpretação de dados: Todos os autores; (VI) Redação do manuscrito: Todos os autores; (VII) Aprovação final do manuscrito: Todos os autores.

Correspondência para: Debra Lederman, DO. Professora Assistente, Faculdade de Medicina da New York Medical College, Westchester Medical Center, 100 Woods Rd., Valhalla, Nova Iorque 10595, EUA. Email:

Debra.Lederman@WMChealth.org

Resumo:

Este artigo tem como objetivo fornecer uma visão geral do manejo anestésico para cirurgia de ressecção pulmonar, incluindo a avaliação pré-operatória do paciente, fatores que influenciam o manejo anestésico intraoperatório e opções para analgesia pós-operatória. O câncer de pulmão é a principal causa de morte entre os pacientes com câncer nos Estados Unidos. Em pacientes submetidos à ressecção pulmonar, as complicações pulmonares perioperatórias são a principal etiologia de morbidade e mortalidade. A estratificação de risco dos pacientes deve fazer parte da avaliação pré-

operatória para prever seu risco de complicações pulmonares a curto e longo prazo. Melhorias na técnica cirúrgica e equipamentos tornaram a toracoscopia assistida por vídeo e a toracoscopia assistida por robô os procedimentos de escolha para cirurgias torácicas. A anestesia geral, incluindo o isolamento pulmonar, tornou-se essencial para otimizar a visualização do pulmão operatório, mas pode contribuir para complicações pulmonares. Estratégias de ventilação pulmonar protetora podem não prevenir lesões pulmonares agudas decorrentes da ventilação de um pulmão, mas podem diminuir a quantidade geral de lesões pulmonares, usando volumes correntes pequenos, pressão positiva no final da expiração, pressões de via aérea de pico e de platô baixas e fração inspirada de oxigênio baixa, além de manter o tempo cirúrgico o mais curto possível. Devido à alta incidência da síndrome crônica pós-toracotomia após cirurgia torácica, que pode afetar as atividades diárias normais do paciente por meses a anos após a cirurgia, a analgesia pós-operatória é uma parte necessária do plano anestésico. Múltiplas opções, como analgesia epidural torácica, narcóticos intravenosos e vários bloqueios nervosos, podem ser consideradas para prevenir ou atenuar as síndromes de dor crônica. A recuperação aprimorada após cirurgia torácica é um tópico relativamente novo, com muitos elementos retirados da experiência com cirurgia colorretal. O objetivo da recuperação aprimorada é melhorar o resultado do paciente, melhorando a função dos órgãos e diminuindo as complicações pós-operatórias, e, portanto, diminuindo o tempo de internação hospitalar.

Palavras-chave: Lesão pulmonar aguda; ventilação de um pulmão (OLV); doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC); cirurgia torácica assistida por vídeo (VATS); lesão pulmonar induzida por ventilador

Introdução

O câncer de pulmão é a principal causa de morte entre os pacientes com câncer nos Estados Unidos, e a ressecção cirúrgica é a única possível cura. Esses pacientes têm um risco aumentado de complicações pulmonares perioperatórias (CPPs) e de comprometimento respiratório a longo prazo após a ressecção pulmonar. Desde 1933, quando Graham e Singer relataram a primeira pneumonectomia bem-sucedida para câncer de pulmão, tem havido tentativas de definir uma avaliação pré-operatória abrangente que identificaria pacientes com alto risco de CPP (1). Uma CPP é definida como qualquer complicações pulmonar que ocorra no período pós-operatório e resulte

em disfunção significativa (2). Após a cirurgia de câncer de pulmão, as CPPs se desenvolvem em 3,9% a 32,5% dos pacientes, mesmo com as melhorias no manejo anestésico e cirúrgico (3,4). As CPPs são uma grande causa de morbidade, mortalidade, internações hospitalares prolongadas e custos médicos aumentados (4). Alguns exemplos de CPPs incluem insuficiência respiratória pós-operatória, pneumonia, atelectasia, broncoespasmo e edema pulmonar.

Fatores de risco independentes para CPP são a Classificação do Estado Físico Anestésico de 3 ou mais, idade ≥ 75 anos, história de tabagismo, índice de massa corporal ≥ 30 kg/m² e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) (5).

Aproximadamente 73% dos homens e 53% das mulheres são diagnosticados com ambas DPOC e câncer de pulmão (6). Pacientes com DPOC, controlada ou não controlada, têm um risco substancialmente aumentado de complicações pulmonares após a cirurgia. Os riscos de inflamação brônquica, hiperreatividade das vias aéreas e broncoespasmo são consequências da manipulação das vias aéreas em pacientes com DPOC. Os efeitos do tabagismo nos períodos intraoperatório e pós-operatório são causados pela nicotina, monóxido de carbono e outros elementos que induzem estresse inflamatório e oxidativo. Os efeitos pró-inflamatórios da fumaça do cigarro aumentam o risco de complicações cardíacas e infecciosas (7).

O tabagismo é um fator de risco compartilhado tanto para o câncer de pulmão quanto para a DPOC. Em pacientes com câncer de pulmão causado pelo tabagismo, a doença cardiovascular também é comum. A prevalência de doença arterial coronariana subjacente nessa população de pacientes é de cerca de 11–17%. Complicações cardíacas pós-operatórias, incluindo parada cardíaca ou edema pulmonar ocorrem com uma frequência de até 2-3% após a ressecção pulmonar (8,9).

A anestesia geral também é considerada um fator de risco para complicações pulmonares pós-operatórias devido aos inúmeros efeitos no sistema respiratório. A exposição prolongada a anestésicos gerais pode causar uma redução na produção de surfactante, aumento da permeabilidade alvéolo-capilar, função prejudicada dos macrófagos alveolares e redução na depuração mucociliar, levando a uma alteração na troca gasosa. O posicionamento e a ventilação mecânica causam atelectasia pós-operatória em até 90% dos pacientes. O resultado dessa atelectasia é o desequilíbrio ventilação-perfusão (V/Q), uma diminuição na complacência e hipoxemia (10).

Avaliação pré-operatória

Em pacientes avaliados para ressecção cirúrgica de seu câncer de pulmão, existe uma

correlação direta entre a extensão da ressecção pulmonar e a potencial morbidade e mortalidade perioperatórias. Após a pneumonectomia, a mortalidade é até duas vezes maior do que após a lobectomia, e a taxa de mortalidade após a segmentectomia é menor do que após a lobectomia (11). A ressecção pulmonar limitada oferece a capacidade de reduzir o risco de comprometimento fisiológico ao preservar uma maior quantidade de parênquima pulmonar. Identificar o risco aceitável de complicações pós-operatórias para um indivíduo é um estímulo para buscar esforços para definir os melhores testes preditivos necessários para minimizar o risco cirúrgico.

Consequentemente, ao considerar se um paciente deve ser submetido à ressecção cirúrgica de um câncer de pulmão, o risco a curto prazo de doenças cardiopulmonares e o risco de comprometimento pulmonar crônico devem ser considerados em comparação com o risco de redução da sobrevida se a cirurgia não for uma opção viável.

A função da avaliação pré-operatória é identificar pacientes com risco aumentado de complicações perioperatórias e consequências debilitantes de longo prazo da ressecção cirúrgica do câncer de pulmão. A avaliação pré-operatória da doença pulmonar pode incluir: testes de função pulmonar pré-operatórios (PFTs), cálculo da função pulmonar pós-operatória prevista (ppo), medidas de troca gasosa e testes de exercício (12). A avaliação

A tolerância ao exercício pré-operatório pode ser um forte preditor de resultados, especialmente na população geriátrica (13). Os riscos perioperatórios reais são afetados por fatores do paciente (idade, comorbidades), manejo de complicações e procedimento cirúrgico [toracotomia vs. cirurgia torácica videotoracoscópica (VATS)]. A VATS é uma técnica cirúrgica menos invasiva em que múltiplas portas laparoscópicas e instrumentos são introduzidos no hemitórax em vez de fazer uma grande incisão para acesso cirúrgico. A avaliação pré-operatória fornece comunicação entre médicos e pacientes sobre os riscos e benefícios das opções de tratamento para permitir a tomada de decisão informada.

Embora o Índice de Risco Cardíaco Revisado (RCRI) tenha sido recomendado como o escore de risco cardíaco preferencial para

O Índice de Risco Cardíaco Revisado (RCRI), recomendado como o escore de risco cardíaco preferencial para cirurgias não cardíacas pela American Heart

Association/American College of Cardiology (14) e pela European Society of Cardiology/European Society of Anesthesiology (15), foi recentemente recalibrado por Brunelli et al. para melhor prever o risco cardíaco pós-operatório de candidatos à ressecção pulmonar (9). O escore resultante, chamado de Índice de Risco Cardíaco Torácico (ThRCRI), é um escore ponderado simplificado, no qual quatro fatores estão associados a morbidade cardíaca grave. Os quatro fatores são: doença cardíaca isquêmica anterior: 1,5 pontos, história de acidente vascular cerebral ou AIT: 1,5 pontos, nível sérico de creatinina maior que 2 mg/mL: 1 ponto e pneumonectomia: 1,5 pontos. Pacientes com a pontuação mais alta e, portanto, o risco mais alto, experimentam eventos cardíacos graves com frequência de até 23%, em comparação com 1,5% naqueles com a pontuação mais baixa. Este escore recalibrado foi validado por vários estudos como sendo mais preciso do que o RCRI tradicional nesta população (9,16,17). O American College of Chest Physicians (ACCP) atualizou seu algoritmo cardíaco para incluir esses parâmetros. Pacientes com ThRCRI ≥ 2 ou uma condição cardíaca recém-diagnosticada ou existente que exija medicação ou tolerância limitada ao exercício devem ter uma consulta cardíaca, incluindo testes não invasivos (18).

De acordo com tanto o ACCP quanto a British Thoracic Society (BTS), é recomendado o teste de espirometria para medir o volume expiratório forçado em um segundo (FEV1) em pacientes programados para ressecção pulmonar (18,19). Em pacientes com FEV1 normal, a capacidade de difusão pulmonar para monóxido de carbono (DLCO) foi estabelecida para prever complicações pós-operatórias (20). Uma redução no ppoDLCO correlaciona-se mais intimamente com o risco de complicações pulmonares e mortalidade após ressecção pulmonar. Em pacientes com status respiratório pré-operatório comprometido (ppoFEV1 entre 30-40%), o ppoDLCO é o melhor preditor da adequação do paciente para a ressecção cirúrgica (21,22).

Para pacientes que requerem pneumonectomia, foi sugerido o uso do método de cintilografia de ventilação/perfusão (V/Q scan) para calcular os valores ppo de FEV1 ou DLCO:

Valores ppo = Valores pré-operatórios \times (1 - Fração da perfusão total para o pulmão a ser ressecado)

onde os valores pré-operatórios são obtidos como o melhor

Para pacientes que requerem lobectomia, os valores ppo de FEV1 ou DLCO são calculados por contagem segmentar:

Valores ppo = Valores pré-operatórios \times (1 - y/z)

onde os valores pré-operatórios são obtidos como o melhor valor medido pós-broncodilatador, y é o número de segmentos funcionais ou não obstruídos a serem removidos e z é o número total de segmentos funcionais. O paciente é considerado de baixo risco se tanto os valores ppoFEV1 quanto os valores ppoDLCO forem superiores a 60% (19,23). Isso se correlaciona com um risco esperado de mortalidade abaixo de 1% para complicações cardiopulmonares e morte perioperatória após ressecção pulmonar, incluindo pneumonectomia. No entanto, se tanto os valores ppoFEV1 quanto os valores ppoDLCO estiverem dentro de 30-60% do previsto, um teste de baixa tecnologia, como o teste de subir escadas ou caminhada em shuttle, deve ser realizado para determinar o risco cirúrgico.

Se o ppoFEV1 ou ppoDLCO for <30% ou se o teste de subida de escadas ou caminhada em shuttle não for satisfatório, é recomendado um teste de alta tecnologia [por exemplo, teste de exercício cardiopulmonar (CPET)]. O CPET avalia a capacidade de exercício e o consumo máximo de oxigênio (VO₂max). De acordo com a força-tarefa conjunta da European Respiratory Society e da European Society of Thoracic Surgeons, o CPET está inversamente correlacionado com a morbidade e mortalidade pós-operatórias. VO₂max >20 mL/kg/min ou >75% previsto indica baixo risco. Se o VO₂max estiver entre 10 e 20 mL/kg/min ou 35-75%, os pacientes estão em risco moderado. As taxas de morbidade e mortalidade variam dependendo da extensão da ressecção, tolerância ao exercício e valores das funções pulmonares divididas. Alternativamente, VO₂max <10 mL/kg/min ou <35% previsto implica um risco de mortalidade tão alto quanto >10%, o que pode causar um risco significativo de perda funcional residual e morbidade cardiopulmonar grave. Nesse ponto, os pacientes devem ser aconselhados sobre outras opções disponíveis, como cirurgia minimamente invasiva ou opções não cirúrgicas (19,23).

Terapia neoadjuvante

Pacientes com câncer de pulmão localmente avançado podem requerer quimioterapia pré-operatória antes da ressecção cirúrgica. Evidências sugerem que a quimioterapia pode estar associada a uma redução de 10% a 20% na DLCO, independentemente de melhoria aparente nos valores de espirometria (24). O dano estrutural nos pulmões induzido por medicamentos tem sido associado a um aumento nas CPPs. Portanto, sugere-se repetir os testes de função pulmonar com testes de DLCO após a conclusão da terapia neoadjuvante para reavaliar o risco cirúrgico após possíveis danos nos tecidos pulmonares (25).

Gestão anestésica intraoperatória para ressecção pulmonar

A gestão anestésica intraoperatória para ressecção pulmonar total ou parcial em pacientes cirúrgicos visa alcançar analgesia, perda de consciência, estabilidade hemodinâmica e, quando necessário, ventilação monopolmonar (OLV) para minimizar o risco de lesão pulmonar associada à ventilação (ALI).

À medida que as técnicas cirúrgicas torácicas se tornaram mais minimamente invasivas, com destaque para a videotoracoscopia e a cirurgia robótica, o uso da OLV se tornou mais frequente. Isso aumentou a incidência de ALI, que é a principal causa de mortalidade após a ressecção pulmonar. Anteriormente, na última década, a toracotomia aberta permitia ao cirurgião visualizar o campo cirúrgico, manipular o pulmão e controlar o movimento dentro do campo cirúrgico, com ou sem ventilação intermitente. A insuflação do hemitórax não era uma preocupação, e a OLV tinha menos indicações absolutas. O propósito da OLV é colapsar e isolar o pulmão em que ocorrerá a cirurgia para fornecer ao cirurgião uma exposição cirúrgica ideal.

Um dos efeitos da OLV é a ocorrência de um shunt significativo, que pode afetar a troca gasosa. Na posição lateral requerida para cirurgia torácica, a perfusão é primariamente direcionada para o pulmão dependente devido à gravidade. Inicialmente, a ventilação se dirige para o pulmão em que ocorre a cirurgia devido à diminuição da complacência no pulmão dependente. A OLV inicia com o colapso do pulmão em que ocorre a cirurgia, favorecendo este shunt por meio de um processo chamado vasoconstrição pulmonar hipóxica (HPV). O HPV causa uma diminuição dependente do tempo no fluxo sanguíneo para o pulmão mal ventilado (o pulmão em que ocorre a cirurgia) e, portanto, melhora o desequilíbrio entre ventilação e perfusão (V/Q). A pressão parcial alveolar de oxigênio desencadeia essa resposta fisiológica.

Historicamente, os anestesiologistas buscavam prevenir a hipoxia e garantir uma troca gasosa adequada durante a OLV usando volumes correntes elevados, zero de pressão positiva expiratória final (PEEP) e frações inspiradas de oxigênio (FIO₂) elevadas. No entanto, essas práticas foram implicadas como contribuintes para lesões pulmonares, incluindo barotrauma (pressões elevadas nos pulmões), volutrauma (sobreextensão dos pulmões), atelectotrauma (abertura e fechamento repetitivo dos alvéolos) e biotrauma (liberação de mediadores inflamatórios locais). Fatores de risco independentes incluem pressões ventilatórias intraoperatórias elevadas (pressões

máximas e platô elevadas), volumes correntes elevados e uso de concentrações de oxigênio inspirado elevadas (FIO₂).

Portanto, é fundamental adotar estratégias de ventilação protetora durante a OLV para minimizar o risco de lesões pulmonares associadas à ventilação. Isso inclui o uso de volumes correntes baixos, PEEP controlada, pressões máximas e platô controladas e concentrações de oxigênio inspirado adequadas. Essas abordagens visam manter uma troca gasosa eficaz, enquanto reduzem o risco de danos pulmonares durante a OLV.

Os mecanismos de lesão associados à ALI não se limitam a volumes correntes elevados, infusão excessiva de fluidos ou hipóxia. O processo é mais complexo, com mecanismos de ALI diferindo para os pulmões dependentes e operativos na OLV, e requer pesquisas adicionais para identificar as causas dessa importante causa de morbidade em até 15% dos pacientes, dependendo da extensão da cirurgia de ressecção pulmonar. Outros estresses nos pulmões durante e imediatamente após a OLV incluem estresse oxidativo, lesão de isquemia-reperfusão, bem como estresse de cisalhamento capilar secundário à hiperperfusão, que pode ser observado tanto no pulmão dependente quanto no pulmão operativo e pode ser inevitável.

Embora haja muito mais evidências sobre estratégias de proteção pulmonar na ventilação de dois pulmões (TLV), especialmente na literatura de cuidados críticos de pacientes com síndrome do desconforto respiratório agudo (SDRA), muitos estudos estão surgindo com estratégias específicas para OLV. Grande parte das evidências relacionadas à lesão pulmonar é extrapolada de estudos fundamentais na Rede de SDRA (30). Essas evidências incluem parâmetros de proteção pulmonar que se tornaram em grande parte o padrão de cuidado entre anestesiologistas, tanto na OLV quanto na TLV, como ventilação com baixo volume corrente com base no peso corporal ideal (4-5 mL/kg) e PEEP relativamente alto para manter a oxigenação. Blank et al. sugeriram que um grande volume corrente (VT), altas pressões inspiratórias de pico e baixo ou nenhum PEEP durante a OLV estão associados a um aumento das complicações pulmonares pós-operatórias e uma maior mortalidade (30,31). Este estudo sugeriu que há uma redução na inflamação pulmonar e sistêmica, edema pulmonar, complicações pulmonares e tempo de internação quando se utiliza a OLV protetora (VT reduzido e PEEP moderado), enquanto outros expandiram ainda mais essa estratégia de proteção, incorporando a limitação das pressões do ventilador e manobras de recrutamento durante a OLV (32,33). Esses estudos não elucidam qual

parâmetro ventilatório, baixo VT, PEEP moderado, pressão das vias aéreas mais baixa ou manobras de recrutamento, se houver, é mais provável de prever um resultado melhor (32). Em contraste, um estudo observacional prospectivo recente conduzido por Amar et al. não encontrou diferença, por exemplo, na incidência de pneumonia e/ou SDRA entre pacientes submetidos à ressecção pulmonar com volumes correntes <8 ou ≥8 mL/kg (peso corporal previsto), sugerindo que o impacto clínico das estratégias de proteção pulmonar é pequeno (27). Até que haja um consenso, nossa prática é utilizar VT de 5-7 mL/kg, PEEP de 5-7 cmH₂O e pressões de plateau ventilatórias abaixo de 30 cmH₂O sempre que possível. Utilizamos manobras de recrutamento conforme necessário. Minimizar o tempo cirúrgico e o tempo de OLV também são fatores importantes em nosso objetivo de diminuir a incidência de PPC.

O manejo anestésico para cirurgia de ressecção pulmonar

O manejo anestésico para cirurgia de ressecção pulmonar deve incorporar vários fatores: a natureza do procedimento torácico planejado, a porcentagem de perda do parênquima pulmonar funcional e os efeitos fisiológicos e hemodinâmicos da ventilação mecânica, especialmente em relação à OLV. A OLV apresenta muitos desafios, como atelectasia, desequilíbrio V/Q, barotrauma e lesão alveolar. A atelectasia é uma consequência significativa durante todas as anestesias e em pacientes sob ventilação mecânica, mas durante a OLV seus efeitos podem ser agravados devido ao uso de frações inspiradas de oxigênio mais altas (atelectasia por absorção) e ao maior potencial de compressão do pulmão dependente (atelectasia por compressão) (32,34). A presença de atelectasia tem o potencial de causar inflamação e lesão alveolar no parênquima pulmonar saudável adjacente e pode promover a translocação bacteriana, aumentando o risco de pneumonia (35). A atelectasia pode ser atenuada pela presença de PEEP para promover a proteção e função pulmonar e diminuir a morbidade. Parece que a combinação específica de VT baixo e PEEP moderada a alta mostrou benefícios na prevenção das sequelas fisiopatológicas da atelectasia, superdistensão e recrutamento/desrecrutamento tidal (32).

Ao empregar a OLV durante cirurgia intratorácica, o anestesista às vezes se depara com a hipoxemia. Dado o gradiente alvéolo-arterial (A-a) inevitável e o desequilíbrio V-Q criado pela OLV, é essencial que em pacientes com reserva cardiopulmonar insuficiente, a hemoglobina e a oxigenação pré-operatórias sejam otimizadas antes da cirurgia (36). Em nossa prática, a oxigenação pré-operatória é avaliada com ar

ambiente sempre que possível, para determinar a saturação basal de oxigênio e a PaO₂. Pacientes submetidos à ressecção pulmonar podem apresentar doença pulmonar significativa manifestada por capacidade residual funcional diminuída, troca gasosa prejudicada e desequilíbrio V/Q. A cessação do tabagismo por 4-6 semanas, o uso de um espirômetro incentivador e o tratamento de qualquer doença pulmonar subjacente, como asma ou DPOC, com esteroides e agonistas Beta 2, são recomendados para melhorar a função pulmonar antes da cirurgia (37). A anemia pode afetar negativamente a isquemia por demanda, que pode não ser bem tolerada por pacientes em risco de isquemia miocárdica. Um hemograma pré-operatório é determinado para nossos pacientes e sangue está prontamente disponível no caso de perda sanguínea não prevista ou perfusão inadequada, conforme determinado pelo aumento do lactato no gasômetro arterial, um taquicardia ou hipotensão. Raramente fazemos transfusões pré-operatórias, a menos que o paciente esteja sangrandoativamente.

Pode ser necessário reintroduzir intermitentemente a ventilação de dois pulmões (TLV) intraoperatoriamente para melhorar a saturação de oxigênio. O uso de TLV durante um procedimento é limitado pelo próprio procedimento e pelo grau de comprometimento da visualização do campo cirúrgico pelo cirurgião. Opções alternativas incluem aumentar a fração inspirada de oxigênio, verificar e reposicionar o DLT (tubo de duplo lúmen) ou o bloqueador endobrônquico, diminuir o agente inalatório ou iniciar vasopressores ou inotrópicos para melhorar o débito cardíaco. Além disso, a reabertura das zonas atelectáticas do pulmão dependente pode ser tentada (36) com a adição de PEEP ao pulmão dependente (38) e/ou a aplicação de pressão positiva contínua nas vias aéreas (CPAP) de 1-2 cm H₂O ao pulmão operatório (39). Embora seja frequentemente necessária uma alta concentração de oxigênio inspirado para aliviar a hipoxemia intraoperatória, isso não está isento de riscos, uma vez que o estresse oxidativo causado por uma alta FIO₂ por um período prolongado foi implicado na lesão pulmonar aguda (31).

Os agentes voláteis inalados, comumente usados como base da anestesia, quando usados em concentrações superiores a uma concentração alveolar mínima (CAM) interferirão na vasoconstrição pulmonar hipóxica (HPV), um mecanismo compensatório pulmonar utilizado para reduzir o desequilíbrio V/Q causado pela OLV (31,36). O sevoflurano potencialmente reduz a lesão pulmonar aguda ao inibir a liberação de mediadores pró-inflamatórios durante a OLV e a ressecção pulmonar e aumenta a broncodilatação (40). De la Gala et al. demonstraram uma menor mortalidade em um

ano e PPC usando Sevoflurano em comparação com uma técnica anestésica intravenosa total (TIVA) (41). Outro estudo de Wigmore et al. mostrou que uma técnica TIVA baseada em propofol para anestesia geral pode fornecer propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes e pode preservar a função das células natural killer (42). Atualmente, não há evidências suficientes para afirmar definitivamente que uma técnica anestésica seja vantajosa em relação à outra.

Narcóticos podem ser usados como adjuvantes importantes na anestesia de pacientes com função cardíaca comprometida, diminuindo o uso de agentes miocárdicos depressores, principalmente os agentes anestésicos voláteis. O uso de narcóticos de ação curta, como o remifentanil, facilita um despertar mais rápido. Isso pode ser inestimável ao anestesiar pacientes com miocardiopatias, com disfunção ventricular esquerda, hipertrofia miocárdica e doença valvar, em particular a estenose aórtica. A hipertensão pulmonar apresenta um dilema e requer uma gestão anestésica diferente quando envolve doença do lado direito (pulmonar) em comparação com doença do lado esquerdo. A cetamina pode ser útil em pacientes com disfunção do ventrículo direito e hipertensão pulmonar secundária à DPOC. É conhecida por seus efeitos simpatomiméticos e manterá ou aumentará a contratilidade, evitando a diminuição da resistência vascular sistêmica (RVS) associada aos anestésicos inalatórios. Seu efeito na resistência vascular pulmonar (RVP) é controverso, embora alguns estudos tenham documentado uma diminuição na RVP (43-45).

Em pacientes com hipertensão pulmonar grave, vasodilatadores pulmonares inalados, incluindo óxido nítrico (10-40 ppm) ou prostaglandinas nebulizadas (prostaciclina, 50 ng/kg/min), devem ser considerados juntamente com um vasoconstritor para manter a RVS enquanto melhora a relação pressão arterial pulmonar (PAP) / pressão arterial sistêmica (SBP) (36).

Além do monitoramento não invasivo padrão da American Society of Anesthesiologists (ASA) (46), uma linha arterial frequentemente é indicada intraoperatoriamente para medir a pressão arterial, bem como para determinação dos gases arteriais. É controverso se um indicador de pré-carga dinâmica, como a variação do volume sistólico (SVV) em conjunto com o índice cardíaco, usando o Sistema FloTrac (Edward Lifescience, Irvine, CA, EUA), pode prever a responsividade a fluidos em OLV para cirurgia torácica. O SVV é um fator dinâmico e é baseado na forma de onda arterial em relação a vários fatores, como ventilação com pressão positiva, OLV, mudanças na pressão intratorácica, status de pré-carga, arritmias, volume corrente, complacência da parede torácica, manipulação e complacência pulmonar, e administração de

vasopressores. Xu et al. usaram o SVV e a restrição de fluidos direcionada para o objetivo do índice cardíaco para melhorar a hemodinâmica e a mecânica pulmonar durante o OLV. Eles descobriram que isso diminuiu a incidência de PPC e o tempo de internação, embora não tenha diminuído a incidência geral de inflamação, conforme indicado pela medição de citocinas séricas (47). O estudo de Jeong et al. descobriu que o SVV não previu a responsividade aos fluidos no OLV (48). A administração parenteral de fluidos geralmente é limitada na cirurgia de ressecção pulmonar. Em nossa prática, usamos principalmente cristaloides (Plasmalyte ou Salina Normal) para fluidoterapia de manutenção e temos concentrado de hemácias disponível em caso de perda significativa de sangue para manter a hemodinâmica e a perfusão tecidual. O edema pulmonar, particularmente na pneumonectomia, não é incomum após administração excessiva de fluidos. A etiologia exata não foi determinada (31). Ocasionalmente, outras linhas invasivas podem ser necessárias. Uma linha central pode ser considerada para medicamentos vasoativos e pressão venosa central ou um cateter de artéria pulmonar para pressões da artéria pulmonar, débito cardíaco e orientação terapêutica na hipertensão pulmonar. No entanto, esses monitores invasivos não têm sido mostrados para melhorar o resultado (49). O uso de ecocardiografia intraoperatória transesofágica ou transtorácica pode ser considerado para monitorar a função cardíaca intraoperatória, embora a utilização dessas modalidades de ponto de atendimento possa ser logicamente difícil devido ao posicionamento e ao acesso limitado ao paciente.

Para procedimentos na cavidade torácica, o uso de técnicas de isolamento pulmonar facilita o colapso de um pulmão para uma exposição cirúrgica máxima e um campo cirúrgico imóvel. As opções para alcançar esse objetivo são o tubo de duplo lumen (DLT) (usamos o DLT Robertshaw), considerado o padrão ouro para separação pulmonar, ou o tubo Univent (Fuji Corp., Tóquio, Japão), que é um bloqueador endobrônquico de 9-Fr com um mecanismo de direção. Alternativamente, pode-se usar o EZ-Blocker (Teleflex Medical Inc., Research Triangle Park, NC, EUA), que é um cateter de 7-Fr projetado com uma forma de Y e duas extensões distais que passam sobre a carina, e cada pulmão pode ser seletivamente desinsuflado. Independentemente do sistema escolhido para isolar o pulmão, um broncoscópio de fibra óptica deve ser usado pelo anestesista para garantir o posicionamento adequado e o isolamento pulmonar adequado, tanto após o posicionamento do dispositivo quanto após o posicionamento do paciente (26,36).

Existem vantagens e desvantagens em relação aos DLTs em comparação com o uso de um bloqueador endobrônquico. Os DLTs proporcionam um melhor isolamento de cada pulmão quando um pulmão contaminado com sangue ou pus está envolvido. A sucção pulmonar é mais facilmente realizada, pois cada pulmão pode ser aspirado durante todo o procedimento, enquanto um bloqueador endobrônquico precisaria ser desinsuflado para aspirar o pulmão operado. Procedimentos bilaterais não exigem a substituição ou reposicionamento do DLT. Desvantagens do DLT a serem consideradas são: leva mais tempo e requer mais habilidade para colocar um DLT em comparação com um tubo endotraqueal de lumen único (SLT). Muitas vezes, os pacientes que vêm da unidade de terapia intensiva (UTI) já têm um SLT em vigor, através do qual um bloqueador endobrônquico pode ser posicionado. Após o uso de um DLT em um procedimento, pode haver edema laríngeo e a substituição do DLT por um SLT pode ser desafiadora. Também há uma maior incidência de lesões nas vias aéreas ao usar um DLT, incluindo rouquidão, lesão das cordas vocais, lesão esofágica e lesão traqueal ou brônquica de um dos brônquios principais (36,50).

Gestão adequada da dor após uma cirurgia torácica importante de ressecção pulmonar não pode ser subestimada. A dor pós-toracotomia é uma das mais intensas entre todos os procedimentos cirúrgicos, classificando-se no topo da escala visual de dor. Existem muitos fatores intraoperatórios que contribuem para a dor pós-operatória, incluindo o procedimento cirúrgico.

retração, ressecção, deslocamento das articulações costo-vertebrais, fraturas incidentais das costelas, lesão dos nervos intercostais, bem como dor pleurítica causada por drenos torácicos. No entanto, o controle da dor é de extrema importância tanto em toracotomias abertas quanto em procedimentos de VATS (embora os procedimentos de VATS sejam significativamente menos dolorosos) para prevenir complicações pós-operatórias devido à restrição dos músculos expiratórios pelos pacientes. Pacientes que experimentam dor intensa no pós-operatório terão um esforço respiratório deficiente e uma capacidade residual funcional diminuída. Também será desafiador para o paciente em recuperação tossir e eliminar secreções. Essas complicações pulmonares resultam no fechamento das vias aéreas, atelectasia, shunting e hipoxemia tecidual (51). Portanto, um plano de manejo da dor aguda e crônica é crucial para esses pacientes de alto risco, nos quais a dor pode durar

potencialmente meses a anos. Mesmo níveis baixos de dor podem afetar a qualidade de vida de um paciente, especialmente a partir da síndrome crônica de dor pós-toracotomia (CPTPS) (52). A incidência de dor pós-toracotomia de longo prazo foi relatada ser tão alta quanto 80% em 3 meses, 75% em 6 meses e 61% em 1 ano após a cirurgia. A dor intensa ocorre em 3-5% dos pacientes, e 50% dos pacientes relatam dor que interfere em sua rotina diária (53).

Existem diversas técnicas disponíveis para ajudar os pacientes a manterem sua capacidade residual funcional por meio da respiração profunda e evitar o desenvolvimento de CPTPS. A analgesia contínua com cateter epidural torácico (AET) continua sendo o padrão-ouro para o controle da dor pós-toracotomia e mostrou proporcionar analgesia superior tanto em repouso quanto durante o movimento, com o mais alto grau de satisfação do paciente (54). O cateter epidural torácico oferece excelente analgesia contínua, permitindo a diminuição do uso de opioides parenterais e, portanto, pode reduzir significativamente a incidência de morbidade pulmonar (55). Além disso, a analgesia epidural está associada a uma menor necessidade de analgesia de resgate. Limitações da AET incluem hipotensão, bradicardia, retenção urinária, bloqueio incompleto (ou falha), lesão neurológica e raramente, paraplegia devido a hematoma epidural. Além disso, a hipotensão resultante da analgesia epidural deve ser cuidadosamente gerenciada em pacientes com risco de complicações cardiovasculares (55,56).

Os opioides são um componente importante do tratamento regimes e podem ser administrados por várias vias. A analgesia controlada pelo paciente intravenosa (IV PCA) é o método mais simples e um dos mais comuns para o controle da dor pós-operatória (54). A IV PCA é ideal para alcançar um equilíbrio entre conforto e depressão respiratória. No entanto, narcóticos parenterais representam um desafio em pacientes com função pulmonar marginal e devem ser cuidadosamente titulados. A sedação excessiva também pode aumentar o risco de complicações pulmonares, como depressão respiratória, retenção de secreção e infecção (57).

O bloqueio dos nervos intercostais (ICNB) é rotineiramente utilizado em alguns centros. Os cirurgiões realizam uma injeção única de dois dermatomas acima, dois abaixo e um no local da incisão antes do fechamento. Como o bloqueio ICNB de dose única não é muito eficaz, alguns cirurgiões colocam cateteres permanentes em um bolso subpleural/extrapleural. A crioneuroólise intraoperatória dos nervos intercostais antes do fechamento da incisão no peito é outra opção. O tecido conjuntivo endoneurial e perineurial é preservado usando essa técnica, permitindo assim a restauração da

estrutura do nervo após 1 a 3 meses após o congelamento. Embora tenha se mostrado um método eficaz na diminuição da quantidade de dor pós-operatória e analgésicos prescritos, a longo prazo, houve uma alta incidência de desenvolvimento de dor neuropática, disestesia e paralisia dos músculos intercostais (58,59).

Houve um renovado interesse nos blocos nervosos paravertebrais (PVB) na última década como uma técnica alternativa que pode oferecer eficácia analgésica comparável com um perfil de efeitos colaterais mais desejável. Esses blocos geralmente duram de 18 a 24 horas e são considerados por alguns autores quase equivalentes em eficácia à analgesia epidural nas primeiras 24 horas, sem os efeitos prejudiciais da simpatectomia bilateral (54,57). Isso se mostra mais útil em pacientes que não são candidatos à AET. A desvantagem do PVB inclui uma taxa de falha relativamente alta de até 10%, possivelmente devido à interferência da fáscia endotorácica, que pode dificultar a difusão do anestésico local (60). Deve-se notar que a colocação do cateter paravertebral tem as mesmas contraindicações em pacientes anticoagulados que a epidural. Além disso, menos profissionais são treinados para realizar PVB. Os clínicos que são adeptos do PVB afirmam que é um bloqueio simples, seguro e fácil de aprender, com uma baixa incidência de complicações (61,62).

Além do PVB, alguns centros têm realizado bloqueios do plano do músculo serrátil anterior (SAPB) como alternativa à AET. O SAPB bloqueia os ramos laterais dos nervos intercostais. A eficácia foi demonstrada em um pequeno ensaio clínico randomizado que comparou o bloqueio do músculo serrátil anterior com a AET, utilizando a pressão arterial média após o SAPB e a AET, bem como a avaliação do nível de dor, uso de narcóticos, náuseas e vômitos nas primeiras 24 horas pós-operatórias. Além disso, o SAPB evita as complicações autonômicas da AET (63).

A recuperação aprimorada após cirurgia torácica (ERATS, na sigla em inglês)

tem como objetivo reduzir as complicações pós-operatórias e o tempo de internação, ao mesmo tempo em que melhora a função dos órgãos, usando recomendações perioperatórias baseadas em evidências para o cuidado pré-admissão, admissão, intraoperatório e pós-operatório do paciente, a fim de obter melhores resultados para o paciente. Essas recomendações são endossadas pela Sociedade de Recuperação

Aprimorada após Cirurgia e pela Sociedade Europeia de Cirurgia Torácica. Elas incluem, mas não se limitam a aconselhamento pré-operatório, triagem nutricional, cessação do tabagismo, evitar o jejum, uso de bebidas ricas em carboidratos pré-operatórias, evitar sedativos pré-operatórios, profilaxia da tromboembolia venosa, prevenção da hipotermia, uso de anestésicos de curta duração, uso de anestesia regional, procedimentos minimamente invasivos e mobilização precoce pós-operatória. Muitas dessas recomendações são baseadas nas diretrizes de recuperação aprimorada após cirurgia (ERAS) de cirurgia colorretal estabelecidas, mas está se tornando rapidamente evidente que incorporar esses elementos no cuidado de pacientes torácicos melhora a satisfação e os resultados do paciente (64).

Conclusões

A cirurgia de ressecção pulmonar é muito complicada e requer um esforço em equipe, incluindo o cirurgião, o anestesiologista, o pneumologista e outros especialistas, para escolher a melhor terapia de acordo com a apresentação individual do paciente, comorbidades e estratificação de risco. A avaliação pré-operatória do paciente deve incluir testes de função pulmonar, um exame físico completo e uma avaliação de indicadores independentes, como tolerância ao exercício, comorbidades, tabagismo e uso de álcool. A extensão e o tipo de cirurgia devem ser levados em consideração para poder estratificar o risco perioperatório do paciente em relação ao risco pulmonar a longo prazo. O controle da dor também é um fator relevante na determinação do conforto pós-operatório, morbidade e, em última análise, qualidade de vida do paciente. Síndromes de dor crônica podem afetar negativamente as atividades diárias do paciente, mas podem ser preveníveis com um controle adequado e precoce da dor usando uma variedade de técnicas. Avaliação pré-operatória, manejo anestésico intraoperatório, analgesia pós-operatória e a incorporação do ERATS no plano de tratamento para cirurgia pulmonar são elementos cruciais a serem considerados para garantir o melhor cuidado e resultado para o paciente.

Agradecimentos

Nenhum.

Nota de rodapé

Conflitos de Interesse: Os autores declaram não ter conflitos de interesse a declarar.

Referências

1. Graham EA, Singer JJ. Successful removal of an entire lung or carcinoma of the bronchus. *JAMA* 1933;101:1371-4.
2. Sharafkhaneh A, Falk JA, Minai OA, et al. Overview of the perioperative management of lung volume reduction surgery patients. *Proc Am Thorac Soc* 2008;5:438-41.
3. Reeve JC, Nicol K, Stiller K, et al. Does physiotherapy reduce the incidence of postoperative pulmonary complications following pulmonary resection via open thoracotomy? A preliminary randomized single-blinding clinical trial. *Eur J Cardiothorac Surg* 2010;37:1158-66.
4. Rodriguez-Larrañaga A, Velloso-Ortega JM, Ruiz-Muneta C, et al. Postoperative Respiratory Exercises Reduce the Risk of Developing Pulmonary Complications in Patients Undergoing Lobectomy. *Arch Bronconeumol* 2016;52:347-53.
5. Agostini P, Cieslik H, Rathinam S, et al. Postoperative pulmonary complications following thoracic surgery: are there any modifiable risk factors? *Thorax* 2010;65:815-8.
6. Loganathan RS, Stover DE, Shi W, et al. Prevalence of COPD in women compared to men around the time of diagnosis of primary lung cancer. *Chest* 2006;129:1305-12.
7. Licker M, Schweizer A, Ellenberger C, et al. Perioperative medical management of patients with COPD. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2007;2:493-515.
8. Brunelli A, Cassivi SD, Fibla J, et al. External validation of the recalibrated thoracic revised cardiac risk index for predicting the risk of major cardiac complications after lung resection. *Ann Thorac Surg* 2011;92:445-8.
9. Brunelli A, Varela G, Salati M, et al. Recalibration of the revised cardiac risk index in lung resection candidates. *Ann Thorac Surg*. 2010;90:199-203.
10. Degani-Costa LH, Maresin SM, dos Reis Falcao LF. Preoperative evaluation of the patient with pulmonary disease. *Braz J Anesthesiol* 2014;64:22-34.
11. Damhuis RA, Schutte PR. Resection rates and postoperative mortality in 7,899 patients with lung cancer. *Eur Respir J* 1996;9:7-10.
12. Stanzani F, Paisani Dde M, Oliveira A, et al. Morbidity, mortality, and categorization of the risk of perioperative complications in lung cancer patients. *J Bras Pneumol* 2014;40:21-9.
13. Slinger P. editor. *Principles and Practice of Anesthesia for Thoracic Surgery*. 1st edition. Springer-Verlag New York, 2011:11.

14. Fleisher LA, Beckman JA, Brown KA, et al. ACC/ AHA 2007 guidelines on perioperative cardiovascular evaluation and care for noncardiac surgery: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation* 2007;116:e418-99.
15. Poldermans D, Bax JJ, Boersma E, et al. Guidelines for preoperative cardiac risk assessment and perioperative cardiac management in non-cardiac surgery: The Task force for Preoperative Cardiac Risk Assessment and Perioperative Cardiac Management in Non-cardiac Surgery of the European Society of Cardiology (ESC) and endorsed by the European Society of Anaesthesiology (ESA). *Eur Heart J* 2009;30:2769-812.
16. Ferguson MK, Celauro AD, Vigneswaran WT. Validation of a modified scoring system for cardiovascular risk associated with major lung resection. *Eur J Cardiothorac Surg* 2012;41:598-602.
17. Ferguson MK, Saha-Chaudhuri P, Mitchell JD, et al. Prediction of major cardiovascular events after lung resection using a modified scoring system. *Ann Thorac Surg* 2014;97:1135-40.
18. Brunelli A, Kim AW, Berger KI, et al. Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: Diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines. *Chest* 2013;143:e166S.
19. British Thoracic Society; Society of Cardiothoracic Surgeons of Great Britain and Ireland Working Party. BTS guidelines: guidelines on the selection of patients with lung cancer for surgery. *Thorax* 2001;56:89-108.
20. Zhang R, Lee SM, Wigfield C, et al. Lung function predicts pulmonary complications regardless of surgical approach. *Ann Thorac Surg* 2015;99:1761.
21. Ferguson MK, Reeder LB, Mick R. Optimizing selection of patients for major lung resection. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1995;109:275-81.
22. Santini M, Fiorello A, Vicidomini G, et al. Role of diffusing capacity in predicting complications after lung resection for cancer. *Thorac Cardiovasc Surg* 2007;55:391-4.
23. Li TC, Yang MC, Tseng AH, et al. Prehabilitation and Rehabilitation for Surgically Treated Lung Cancer Patients. *J Cancer Res Pract* 2017;4:89-94.

24. Rivera MP, Detterbeck FC, Socinski MA, et al. Impact of preoperative chemotherapy on pulmonary function tests in resectable early-stage non-small cell lung cancer. *Chest* 2009;135:1588-95.
25. Leo F, Solli P, Spaggiarai L, et al. Respiratory function changes after chemotherapy: an additional risk for postoperative respiratory complications? *Ann Thorac Surg* 2004;77:260-5.
26. Brassard CL, Lohser J, Donati F, et al. Step-by step clinical management of one-lung ventilation: continuing professional development. *Can J Anaesth* 2014;61:1103-21.
27. Amar D, Zhang H, Pedoto A, et al. Protective lung ventilation and morbidity after pulmonary resection: A propensity score-matched analysis. *Anesth Analg* 2017;125:190-9.
28. Licker M, de Perrot M, Spiliopoulos A, et al. Risk factors for acute lung injury after thoracic surgery for lung cancer. *Anesth Analg* 2003;97:1558-65.
29. Yang M, Ahn HJ, Kim K, et al. Does a protective ventilation strategy reduce the risk of pulmonary complications after lung cancer surgery? A randomized controlled trial. *Chest* 2011;139:530-7.
30. Lohser J, Slinger P. Lung Injury After One-Lung Ventilation: A Review of the Pathophysiologic Mechanisms Affecting the Ventilated and the Collapsed Lung. *Anesth Analg* 2015;121:302-18.
31. Acute Respiratory Distress Syndrome Network, Brower RG, Matthay MA, et al. 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* 2000;342:1301-8.
32. Blank RS, Colquhoun DA, Durieux ME, et al. Management of One-lung Ventilation: Impact of Tidal Volume on Complications after Thoracic Surgery. *Anesthesiology* 2016;124:1286-95.
33. Futier E, Constantin JM, Paugam-Burtz C, et al. A trial of intraoperative low-tidal-volume ventilation in abdominal surgery. *N Engl J Med* 2013;369:428-37.
34. Duggan M, Kavanagh BP. Pulmonary atelectasis: A Pathogenic perioperative entity. *Anesthesiology* 2005;102:838-54.

35. Retamal J, Bergamini BC, Carvalho AR et al. Non Lobar atelectasis generates inflammation and structural alveolar injury in the surrounding healthy tissues during mechanical ventilation. *Crit Care* 2014;18:505.
36. Slinger PD, Neustein SM, Cohen E, et al. The Cardiac Patient for Thoracic Noncardiac Surgery. In: Kaplan JA.
- Kaplan's Cardiac Anesthesia: in Cardiac and Noncardiac Surgery. 7th edition. Elsevier, 2017:1564-81.
37. Azhar N. Pre-operative optimisation of lung function. *Indian J Anaesth* 2015;59:550-6.
38. Fujiwara M, Abe K, Mashimo T. The effect of positive end-expiratory pressure and continuous positive airway pressure on the oxygenation and shunt fraction during one-lung ventilation with propofol anesthesia. *J Clin Anesth* 2001;13:473-7.
39. Capan LM, Turndorf H, Patel C, et al. Optimization of arterial oxygenation during one-lung anesthesia. *Anesth Analg* 1980;59:847-51.
40. Reid CW, Slinger PD, Lenis S. A comparison of the effects of propofol-alfentanil versus isoflurane anesthesia on arterial oxygenation during one-lung ventilation. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 1996;10:860-3.
41. de la Gala F, Piñeiro P, Reyes A, et al. Postoperative pulmonary complications, pulmonary and systemic inflammatory responses after lung resection surgery with prolonged one-lung ventilation. Randomized controlled trial comparing intravenous and inhalational anaesthesia. *Br J Anaesth* 2017;119:655-63.
42. Wigmore TJ, Mohammed K, Jhanji S. Long-term Survival for Patients Undergoing Volatile versus IV Anesthesia for Cancer Surgery: A Retrospective Analysis. *Anesthesiology* 2016;124:69-79.
43. Blaise G, Langleben D, Hubert B. Pulmonary arterial hypertension: pathophysiology and anesthetic approach. *Anesthesiology* 2003;99:1415-32.
44. Brown EN, Pavone KJ, Naranjo M. Multimodal General Anesthesia: Theory and Practice. *Anesth Analg* 2018;127:1246-58.
45. Williams GD, Philip BM, Chu LF, et al. Ketamine does not increase pulmonary vascular resistance in children with pulmonary hypertension undergoing sevoflurane anesthesia and spontaneous ventilation. *Anesth Analg* 2007;105:1578-84, table of contents.

46. Standards for Basic Anesthetic Monitoring. Committee of Origin: Standards and Practice Parameters (Approved by the ASA House of Delegates on October 21, 1986, last amended on October 20, 2010, and last affirmed on October 28, 2016). Available online: <https://www.asahq.org/~media/Sites/ASAHQ/Files/Public/Resources/standards-guidelines/standards-for-basic-anesthetic-monitoring.pdf>
47. Xu H, Shu SH, Wang D, et al. Goal-directed fluid restriction using stroke volume variation and cardiac index during one-lung ventilation: a randomized controlled trial. *J Thorac Dis* 2017;9:2992-3004.
48. Jeong DM, Ahn HJ, Park HW, et al. Stroke Volume Variation and Pulse Pressure Variation Are Not Useful for Predicting Fluid Responsiveness in Thoracic Surgery. *Anesth Analg* 2017;125:1158-65.
49. Sandham JD, Hull RD, Brant RF, et al. A randomized, controlled trial of the use of pulmonary-artery catheters in high-risk surgical patients. *N Engl J Med* 2003;348:5-14.
50. Knoll H, Ziegeler S, Schreiber JU, et al. Airway injuries after one-lung ventilation: a comparison between double-lumen tube and endobronchial blocker: a randomized, prospective, controlled trial. *Anesthesiology* 2006;105:471-7.
51. Chapter 25: Anesthesia for Thoracic Surgery. In: Butterworth JF IV, Mackey DC, Wasnick JD. *Morgan & Mikhail's Clinical Anesthesiology*. 6th edition. New York, NY: McGrawHill, 2018.
52. Ochroch EA, Gottschalk A, Augostides J, et al. Long-term pain and activity during recovery from major thoracotomy using thoracic epidural analgesia. *Anesthesiology* 2002;97:1234-44.
53. Perttunen K, Tasmuth T, Kalso E. Chronic pain after thoracic surgery: a follow-up study. *Acta Anaesthesiol Scand* 1999;43:563-7.
54. Soto RG, Fu ES. Acute pain management for patients undergoing thoracotomy. *Ann Thorac Surg* 2003;75:1349-57.
55. Ballantyne JC, Carr DB, deFerranti S, et al. The comparative effects of postoperative analgesic therapies on pulmonary outcome: cumulative meta analyses of randomized, controlled trials. *Anesth Analg* 1998;86:598-612.
56. Bialka S, Copik M, Daszkiewicz A, et al. Comparison of different methods of postoperative analgesia after thoracotomy-a randomized controlled trial. *J Thorac Dis* 2018;10:4874-82.

57. Rawal N. Current issues in postoperative pain management. *Eur J Anaesthesiol* 2016;33:160-71.
58. Joucken K, Michel L, Schoevaerdts JC, et al. Cryoanalgesi for post-thoracotomy pain relief. *Acta Anaesthesiol Belg* 1987;38:179-83.
59. Ju H, Feng Y, Yang BX, et al. Comparison of epidural analgesia and intercostal nerve cryoanalgesia for post thoracotomy pain control. *Eur J Pain* 2008;12:378-84.
60. Davies RG, Myles PS, Graham JM. A comparison of the analgesic efficacy and side-effects of paravertebral vs epidural blockade for thoracotomy--a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Br J Anaesth* 2006;96:418-26.

© Annals of Translational Medicine. All rights reserved. *Ann Transl Med* 2019;7(15):356 | <http://dx.doi.org/10.21037/atm.2019.03.67>

61. Gerner P. Post-thoracotomy pain management problems. *Anesthesiol Clin* 2008;26:355-7.
62. Karmakar MK, Chung DC. Variability of a thoracic paravertebral block. Are we ignoring the endothoracic fascia? *Reg Anesth Pain Med* 2000;25:325-7.
63. Khalil AE, Abdallah NM, Bashandy GM, et al. Ultrasound guided serratus anterior plane block versus thoracic epidural analgesia for thoracotomy pain. *J Cardiothorac*
- Cite this article as:** Lederman D, Easwar J, Feldman J, Shapiro V. Anesthetic considerations for lung resection: preoperative assessment, intraoperative challenges and postoperative analgesia. *Ann Transl Med* 2019;7(15):356. doi: 10.21037/atm.2019.03.67

Vasc Anesth 2017;31:152-8.

64. Batchelor TJ, Rasburn NJ, Abdelnour-Berchtold E, et al. Guidelines for enhanced recovery after lung surgery: recommendations of the Enhanced Recovery After Surgery (ERAS®) Society and the European Society of Thoracic Surgeons (ESTS). *Eur J Cardiothorac Surg* 2019;55:91-115

© Annals of Translational Medicine. All rights reserved. *Ann Transl Med* 2019;7(15):356 | <http://dx.doi.org/10.21037/atm.2019.03.67>

Annals of Translational Medicine, Vol 7, No 15 August 2019