

ARTIGO DE REVISÃO

# Ecocardiografia Transtorácica e Transesofágica no Peri-operatório em Cirurgia Não Cardíaca

## *Perioperative Transthoracic and Transesophageal Echocardiography on Non-Cardiac Surgery*

André Carrão<sup>1\*</sup>, Sónia Pereira<sup>2</sup>

### Afilições

<sup>1</sup> Interno de Formação Específica de Anestesiologia, Serviço de Anestesiologia do Hospital Beatriz Ângelo, Loures, Portugal.

<sup>2</sup> Assistente Hospitalar Graduada de Anestesiologia, Serviço de Anestesiologia do Hospital Beatriz Ângelo, Loures, Portugal.

### Palavras-chave

Avaliação de Risco; Doenças do Coração/complicações; Ecocardiografia; Ecocardiografia Transesofágica; Período Perioperatório

### Keywords

*Echocardiography; Echocardiography, Transesophageal; Heart Diseases/complications; Perioperative Period; Risk Assessment*

## RESUMO

As complicações cardiovasculares são responsáveis por grande parte da morbi-mortalidade peri-operatória. A avaliação cardíaca pré-operatória é, por isso, fundamental. Este trabalho pretende determinar quais os doentes propostos para cirurgia não cardíaca que beneficiam da realização pré-operatória de ecocardiograma transtorácico para estratificação de risco e eventual otimização e quais os doentes que, tendo em conta a sua patologia cardiovascular e o tipo de intervenção a que vão ser submetidos, devem ser monitorizados durante o período peri-operatório com ecocardiograma transesofágico.

Foi realizada uma pesquisa do PubMed de artigos datados de Janeiro de 1990 até Setembro de 2018 e com interesse para o tema deste trabalho. Os trabalhos selecionados incluem maioritariamente *guidelines* nacionais e internacionais, revisões sistemáticas e estudos randomizados com data de publicação posterior à das *guidelines* e que apresentam informação relevante.

Para além da história clínica, exame objetivo, scores de risco, avaliação laboratorial e electrocardiografia, o ecocardiograma, tanto em repouso como de *stress*, pode ser útil na estratificação do risco cardíaco em situações selecionadas, tendo em conta o impacto sobre a otimização do doente. Têm sido publicadas *guidelines* para a sua utilização em doentes propostos para cirurgia não cardíaca, sendo recomendado sobretudo em doentes propostos para cirurgia de elevado risco cardíaco ou doentes com patologia cardíaca significativa (insuficiência cardíaca, cardiopatia isquémica, valvulopatias) propostos para cirurgia de risco cardíaco intermédio ou elevado. O recurso ao ecocardiograma transesofágico intra-operatório em cirurgia não cardíaca não é recomendado por rotina, estando reservado para a cirurgia vascular *major* ou nos doentes com alterações hemodinâmicas graves e persistentes.

## ABSTRACT

Cardiovascular complications are one of the main causes of perioperative mortality and morbidity. Preoperative cardiac evaluation is, therefore, paramount. The purpose of this article is to determine which patients scheduled for non-cardiac surgery should have a preoperative transthoracic echocardiographic evaluation as well as those who benefit from monitoring with transesophageal echocardiography, taking into consideration their cardiac disease and the type of surgery they will undergo.

We searched PubMed for articles of interest dated from January 1990 until September 2018. We selected mostly national and international guidelines, systematic reviews and randomized trials.

In addition to medical history, physical examination, risk scores, laboratory evaluation and electrocardiography, echocardiography, both at rest and after stress, can be useful in the stratification of cardiac risk in selected situations, taking into account the impact on optimization of the patient.

Various guidelines have been published regarding the use of echocardiography in patients scheduled for non-cardiac surgery and they mostly recommend it in patients undergoing high cardiac risk surgery or patients with severe cardiac disease (heart failure, ischemic heart disease, heart valve disease) undergoing high or intermediate cardiac risk surgery. Transesophageal echocardiography during the intraoperative period on non-cardiac surgery is not recommended routinely, being mostly used during major vascular surgery and in patients with serious and persistent hemodynamic instability.

## INTRODUÇÃO

As complicações cardiovasculares são seguramente as mais prevalentes e as mais temidas no período peri-operatório, tendo implicações não só no período pós-operatório, mas também no prognóstico a longo prazo com custos económicos acrescidos e aumento da morbi-mortalidade. Cerca de 5% dos

Autor Correspondente/Corresponding Author\*:  
André Carrão  
Morada: Av. Carlos Teixeira 514, Loures, Portugal.  
E-mail: andre.carrao@hbeatrizangelo.pt

doentes adultos submetidos a cirurgia não cardíaca (CNC) sofre um evento cardíaco *major* nos primeiros 30 dias de pós-operatório e estes eventos são responsáveis por 30% da mortalidade peri-operatória.<sup>1</sup> A ocorrência de um enfarte agudo do miocárdio (EAM) sintomático no pós-operatório representa um aumento no risco de morte que pode atingir os 40% a 70%. As complicações cardiovasculares são decorrentes de fatores relacionados com o doente, com o tipo de cirurgia e com a técnica anestésica, nomeadamente a monitorização. É, portanto, fundamental fazer uma avaliação cuidada, no sentido de identificar marcadores de risco cardiovasculares no pré-operatório.

O objetivo deste trabalho é determinar quais os doentes propostos para CNC que beneficiam da realização pré-operatória de ecocardiograma transtorácico (ETT) e quais os doentes que, tendo em conta a sua patologia cardiovascular (CV) e o tipo de intervenção a que vão ser submetidos, devem ser monitorizados durante o período peri-operatório com ecocardiograma transesofágico (ETE). Para o efeito, foram revistos *guidelines* e artigos referentes à avaliação do risco CV em doentes propostos para CNC, importância do ecocardiograma transtorácico de repouso (ETTR), do ecocardiograma transtorácico de *stress* (ETTS) e impacto clínico geral do ETE em CNC.

## MÉTODOS

Foi realizada uma pesquisa do PubMed de artigos datados de Janeiro de 1990 até Setembro de 2018 e com interesse para o tema deste trabalho, recorrendo às palavras-chave apresentadas no resumo. Adicionalmente foram também revistas as referências dos artigos encontrados de forma a identificar alguns estudos que não tivessem sido detectados previamente. Foram incluídas recomendações de sociedades nacionais e internacionais, bem como revisões bibliográficas e estudos randomizados. Foram excluídas publicações cuja informação não fosse pertinente no âmbito deste trabalho e estudos realizados em animais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO AVALIAÇÃO DO RISCO CARDIOVASCULAR PARA CIRURGIA NÃO CARDÍACA

Na maioria dos casos, a informação obtida através da história clínica, exame objetivo e eletrocardiograma (ECG) é suficiente para estimar o risco cardíaco. É importante avaliar a capacidade funcional (CF) do doente (através dos *metabolic equivalents* - METs) que pode ser excelente (> 10 METs), boa (7 a 10 METs), moderada (4 a 6 METs) ou baixa (< 4 METs). Uma CF baixa está associada a aumento do risco cardíaco peri-operatório.<sup>2</sup>

Têm sido realizados diversos estudos e criadas *guidelines* e algoritmos na tentativa de objetivar a avaliação do risco CV, recorrendo a exames complementares de diagnóstico que

possam alterar a conduta clínica no peri-operatório. Mais recentemente Lee *et al* estabeleceram um “índice simples”, o *Revised Cardiac Risk Index* (RCRI), para avaliação do risco CV de doentes estáveis propostos para CNC, em que identifica 6 fatores independentes: cirurgia de elevado risco cardíaco; cardiopatia isquémica (angina estável/instável ou EAM anterior); insuficiência cardíaca (IC); acidente vascular cerebral (AVC) ou acidente isquémico transitório (AIT); doença renal crónica (DRC) com creatinina >2 mg/dL ou *clearance* de creatinina <60 mL/mL/1,73 m<sup>2</sup>; diabetes *mellitus* insulino-tratada (DMIT).<sup>3</sup> Existe ainda um outro *score* alternativo, o *ACS National Surgical Quality Improvement Program Index* (NSQIP), que entra em conta com múltiplas variáveis (idade, sexo, grau de autonomia, urgência do procedimento cirúrgico, classificação American Society of Anesthesiologists (ASA), diabetes *mellitus*, hipertensão arterial, patologia cardíaca, pulmonar, hepática e renal, neoplasia disseminada, entre outros), o que torna o seu cálculo mais complexo. O RCRI avalia o risco de EAM, edema agudo do pulmão (EAP), bloqueio aurículo-ventricular completo e paragem cardiorrespiratória enquanto o NSQIP avalia apenas o risco de EAM e morte CV.

A presença de uma ou mais condições clínicas cardíacas como disfunção sistólica e diastólica do ventrículo direito (VE), angina instável, EAM, arritmias significativas ou valvulopatias graves (nomeadamente estenose aórtica) implica *per se* risco cardíaco elevado.<sup>4</sup> Efetivamente, a presença de síndromes coronárias instáveis, IC descompensada, arritmia significativa ou doença valvular grave é indicação para adiar a CNC eletiva.<sup>5</sup> Todas estas patologias agudas podem beneficiar de estudo ecocardiográfico para diagnóstico e/ou avaliação. Existem outros fatores específicos, mas não independentes, que influenciam o risco CV peri-operatório como idade avançada (2,6% em doentes com mais de 80 anos vs 0,3% em doentes entre os 50 e 59 anos),<sup>5</sup> hipertensão arterial (HTA), presença de dispositivos cardíacos implantáveis e doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC) - quando associada a diminuição do volume expiratório forçado no primeiro segundo, aumenta em 75% o risco de morte CV.<sup>6</sup>

É, também, cada vez mais discutida a utilização de biomarcadores para estratificação do risco cardíaco peri-operatório como as troponinas cardíacas, o péptido natriurético tipo B (BNP) e o N-terminal pro-péptido natriurético tipo B (NT-proBNP). No entanto, os estudos ainda não são conclusivos e, por isso, a sua utilização rotineira não está recomendada.<sup>6</sup>

Os fatores relacionados com a cirurgia incluem o tipo de cirurgia, a urgência e duração do procedimento e as perdas hemáticas previstas. O risco cardíaco varia significativamente com o tipo de cirurgia podendo ser baixo (< 1%), intermédio (1% -5%) ou elevado (> 5%), de acordo com a Tabela 1.

**Tabela 1. Risco cardíaco dos procedimentos cirúrgicos<sup>a</sup>**

Baixo (< 1%)	Intermédio (1% - 5%)	Elevado (> 5%)
Cirurgia superficial	Intraperitoneal: esplenectomia, correção de hérnia do hiato, colecistectomia	Cirurgia aórtica e vascular <i>major</i>
Mama	Carotídea sintomática	Revascularização aberta de membro, amputação ou tromboembolotomia
Dentária	Angioplastia arterial periférica	Cirurgia duodeno-pancreática
Endócrina: tiróide	Correção endovascular de aneurisma	Resseção hepática ou cirurgia dos canais biliares
Olho	Cirurgia de cabeça e pescoço	Esofagectomia
Reconstrutiva	Neurológica ou ortopédica: <i>major</i> (anca e coluna)	Correção de perfuração intestinal
Carotídea assintomática	Urológica ou ginecológica: <i>major</i>	Suprarenalectomia
Ginecológica: <i>minor</i>	Transplante renal	Cistectomia total
Ortopédica: <i>minor</i> (meniscectomia)	Intra-torácica: <i>não-major</i>	Pneumonectomia
Urológica: <i>minor</i> (resseção transuretral da próstata)		Transplante pulmonar ou hepático

LEGENDA:  
<sup>a</sup>Risco de EAM ou morte CV aos 30 dias de pós-operatório

Em suma, relativamente à avaliação e estratificação do risco cardíaco pré-operatório, existem várias recomendações<sup>1-6</sup>:

#### Classe I

1. É recomendada a utilização de índices de risco para estratificação do risco peri-operatório (nível de evidência B).
2. É recomendado o uso do modelo NSQIP ou do RCRI para estratificação do risco cardíaco peri-operatório (nível de evidência B).
3. É recomendado que os doentes devem ter uma avaliação pré-operatória do risco cardíaco independentemente da abordagem cirúrgica, aberta ou laparoscópica (nível de evidência C).

#### Classe IIa

1. Deve ser considerada uma equipa multidisciplinar para avaliação pré-operatória de doentes com patologia cardíaca, ou alto risco para tal, propostos para CNC de elevado risco (nível de evidência C).

#### Classe IIb

1. Pode ser considerada a medição das troponinas em doentes de alto risco cardíaco no pré-operatório e 48 a 72 horas após cirurgia *major* (nível de evidência B).
2. Pode ser considerada a medição do NT-proBNP e do BNP como indicador independente de prognóstico para eventos cardíacos no peri-operatório em doentes de alto risco (nível de evidência B).
3. Doentes selecionados com doença cardíaca propostos para cirurgia de risco baixo ou intermédio podem ser referenciados pelo anestesiológista para avaliação cardiológica e otimização médica (nível de evidência C).

#### Classe III

1. Não está recomendada a medição universal e rotineira de biomarcadores para estratificação de risco e prevenção de eventos cardíacos (nível de evidência C).

Não nos podemos esquecer, no entanto, que o termo CNC abrange um leque muito grande de doentes, e que inclui doente jovens submetidos a cirurgias de baixo risco, mas também doentes geriátricos polimedicados e com múltiplas co-morbilidades propostos para cirurgias *major* e, por isso, apesar das recomendações, a avaliação de cada doente deve ser individualizada tendo em conta todos estes fatores.

Este trabalho pretende avaliar até que ponto poderá ser útil a realização do ecocardiograma para avaliação do risco CV no pré-operatório bem como da sua utilização no intra-operatório.

## ECOCARDIOGRAMA TRANSTORÁCICO EM REPOUSO

As indicações para realização do ETTR são cada vez menores, tendo em conta a racionalização dos custos a que se assiste atualmente, bem como a ausência de estudos mais recentes que demonstrem a existência de benefícios significativos na sua utilização. Alguns estudos revelam mesmo que a realização de ecocardiograma pode aumentar o tempo de estadia hospitalar sem benefício clínico.<sup>7,8</sup> Ainda assim, a ecocardiografia transtorácica pode ter grande utilidade uma vez que permite avaliar tanto a estrutura como a função cardíaca, sendo um exame seguro, reprodutível e de fácil realização.<sup>9</sup> A realização do ecocardiograma deve ser criteriosa, e não está indicado o seu uso rotineiro na avaliação pré-operatória para CNC de risco baixo ou intermédio (recomendação classe III, nível C), podendo ser considerada em doentes assintomáticos mas propostos para cirurgia de elevado risco (recomendação classe IIb, nível C).<sup>6</sup> Pode, ainda, ser útil na avaliação da função do ventrículo esquerdo (VE) sistólica e diastólica em doentes com IC, avaliação valvular, avaliação da HTP, nas miocardiopatias ou após transplante cardíaco ou cardiopulmonar, fornecendo informação independente sobre o risco de ocorrência de complicações

pós-operatórias em doentes selecionados.<sup>10,11</sup>

As *guidelines* da National Institute for Health and Care Excellence (NICE) relativas a exames pré-operatórios para cirurgia eletiva recomendam que um ETTR deve ser considerado em duas situações: I) doentes com um sopro cardíaco associado a sintomatologia cardíaca (incluindo dispneia, pré-síncope, síncope ou pré-cordialgia), II) doentes com sinais ou sintomas de IC.<sup>12</sup>

Em resumo, as *guidelines* recomendam que<sup>6</sup>:

#### **Classe IIb**

1. O ecocardiograma transtorácico em repouso pode ser considerado em doentes propostos para cirurgia de elevado risco cardíaco (nível de evidência C).

#### **Classe III**

1. O ecocardiograma transtorácico em repouso de rotina não é recomendado em doentes propostos para cirurgia de risco cardíaco baixo ou intermédio (nível de evidência C)

### **AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO VENTRICULAR**

Diversos estudos, prospetivos e retrospectivos, demonstraram uma relação positiva entre a diminuição da fração ejeção do ventrículo esquerdo ( $FE_{VE}$ ) e morbi-mortalidade associada a eventos cardiovasculares peri-operatórios, particularmente para  $FE_{VE} < 30\% - 35\%$  em repouso.<sup>2</sup>

As *guidelines* indicam que a avaliação da função do VE deve ser realizada nas seguintes circunstâncias<sup>2,6</sup>:

#### **Classe I**

1. É recomendado que doentes com insuficiência cardíaca diagnosticada ou suspeita, propostos para cirurgia não cardíaca de risco cardíaco intermédio ou elevado, realizem avaliação da função do ventrículo esquerdo com ecocardiograma transtorácico (nível de evidência A).

#### **Classe IIa**

1. A avaliação da função do VE deve ser realizada em doentes com dispneia de origem desconhecida (grau de evidência C).
2. A avaliação da função do VE deve ser realizada em doentes com história ou sinais de IC com agravamento de dispneia ou cujo estado geral se alterou (grau de evidência C).

#### **Classe IIb**

1. A reavaliação da função do VE pode ser considerada em doentes clinicamente estáveis com diagnóstico prévio de disfunção ventricular que não tenham sido avaliados há menos de 1 ano (grau de evidência C).

#### **Classe III**

1. Não está recomendada a avaliação pré-operatória rotineira da função do VE (grau de evidência B).

Halm *et al* realizaram um estudo com 336 doentes do sexo masculino com doença coronária e outros fatores de risco para doença CV e concluiu que os doentes que apresentavam  $FE_{VE} < 40\%$  registavam aumento do número de eventos

cardíacos adversos no peri-operatório.<sup>13</sup> No entanto, numa análise multivariada, nem a disfunção do VE, nem as alterações segmentares da parede do VE foram identificados como variáveis independentes na previsão de eventos cardíacos adversos como IC, EAM e morte no pós-operatório. Num estudo com 570 pacientes, Rohde *et al* concluíram que qualquer grau de disfunção do VE está marginalmente relacionada com ocorrência pós-operatória de EAM e EAP cardiogénico.<sup>14</sup> Estas conclusões estão concordantes com uma meta-análise realizada por Kertai *et al* que envolveu 8 estudos em que a função do VE foi avaliada por cintigrafia de perfusão. O risco de complicações foi particularmente elevado em doentes com  $FE_{VE} < 35\%$ .<sup>15</sup>

Mesmo que não seja confirmada a contribuição direta do ecocardiograma para a estratificação de risco de complicações cardiovasculares no peri-operatório, a identificação da disfunção do VE, permite a otimização terapêutica do doente, bem como a delineação de um plano peri-operatório com recurso a técnicas de monitorização e cuidados pós-operatórios adequados à condição clínica do doente.

Relativamente aos doentes com miocardiopatias propostos para CNC, frequentemente a informação pré-operatória é escassa. No entanto, o manuseamento peri-operatório, nomeadamente da fluidoterapia intra-operatória, resulta da compreensão da fisiopatologia da doença, o que torna fundamental a classificação anatomo-funcional (dilatada, hipertrófica, restritiva) e, por vezes, determinação da etiologia primária.

Embora a disfunção diastólica seja frequente entre os doentes propostos para CNC, a sua avaliação não está preconizada por rotina na avaliação pré-operatória.<sup>10</sup> Estudos epidemiológicos sugerem que cerca de 40% - 50% dos doentes com IC têm a função sistólica do VE preservada, pelo que a disfunção diastólica, apesar de pouco reconhecida clinicamente, será responsável pelo quadro de IC e está associada a aumento marcado da morbidade.<sup>16</sup> Por outro lado, a disfunção diastólica é frequente como doença isolada nos idosos e agrava o quadro de IC nos doentes com disfunção do VE, podendo vir a constituir, com o envelhecimento da população, um problema de saúde pública.<sup>16</sup> Nos doentes com história ou sinais de ICC o ecocardiograma pré-operatório está recomendado para determinação do grau de disfunção sistólica e/ou diastólica.

No período peri-operatório, a deterioração da função sistólica e/ou diastólica é fator preditivo para ocorrência, no pós-operatório, de IC e morte nos doentes gravemente doentes, mas não de eventos isquémicos. No entanto, um estudo de Sung-Ji Park *et al* revelou que a disfunção diastólica pré-operatória não está relacionada com o risco CV peri-operatório.<sup>10</sup> São necessários mais estudos que avaliem a disfunção diastólica como preditora de risco em CNC.

A hipertrofia do VE, um preditor bem estabelecido de morbi-

mortalidade CV em doentes hipertensos, tem sido associada a elevadas taxas de eventos cardíacos peri-operatórios quando a hipertrofia é moderada a grave.<sup>17</sup>

### **AValiação da Função Valvular**

A existência de valvulopatias aumenta o risco de complicações cardiovasculares no peri-operatório, de acordo com o tipo e gravidade da valvulopatia, bem como do tipo de cirurgia. Assim, todos os doentes com diagnóstico ou suspeita de valvulopatia propostos para CNC de risco cardíaco intermédio ou elevado, devem realizar ETTR no pré-operatório (recomendação classe I, nível de evidência C). A estenose aórtica grave implica um elevado risco para CNC, com a possibilidade de ocorrência de 5 vezes mais eventos cardíacos peri-operatórios.<sup>15,18,19</sup> Se a valvulopatia é sintomática a cirurgia deve ser adiada e considerada cirurgia prévia para substituição valvular, a não ser que o doente recuse cirurgia cardíaca ou não reúna condições para este procedimento. Neste caso, a CNC pode ser realizada, mas tendo em conta que o risco de mortalidade peri-operatória é de aproximadamente 10%. Portanto, torna-se fundamental, no pré-operatório, a sua identificação e classificação da gravidade, para que seja possível estabelecer, de forma mais precisa, a relação risco/benefício entre a gravidade da estenose aórtica e a necessidade de realização de CNC.

Outras valvulopatias merecem algumas considerações, tendo em conta a elevada prevalência de doença reumática.

A estenose mitral, embora cada vez mais rara, é importante ser reconhecida e requer atenção. Se a estenose é ligeira ou moderada está indicado controlo da FC no pré-operatório, mas por outro lado, se for grave está associada a aumento de risco de IC. A reparação valvular antes de CNC, pode ser aconselhável se o doente estiver proposto para cirurgia de risco elevado.

A insuficiência aórtica requer terapêutica adequada para controlo das resistências vasculares periféricas (RVP).

A insuficiência mitral pode resultar de prolapso da válvula mitral ou ser uma complicação de doença coronária por remodelação do VE e está associada a risco aumentado de fibrilhação auricular (FA) e consequentemente de fenómenos tromboembólicos, pelo que muitos dos doentes estão anticoagulados e requerem precauções especiais no peri-operatório. Por outro lado, a redução das RVP pode ser benéfica.

Uma vez que não é possível a realização de um ecocardiograma formal por um Cardiologista a todos os doentes com sopros, tendo em conta os custos acrescidos e a escassez de meios humanos, é essencial que na avaliação pré-operatória sejam identificados os sopros clinicamente significativos, que possam requerer quantificação da sua gravidade através de ecocardiograma de repouso.

Porém, em caso de incerteza em relação à gravidade da

valvulopatia (dificuldades na realização do exame objetivo ou reduzida CF do doente), ou se há suspeita clínica de valvulopatia, especialmente se não há diagnóstico prévio ou existe descompensação evidente, pode ser aconselhável a realização do ecocardiograma.<sup>4</sup>

Em resumo, segundo as recomendações:

#### **Classe I**

1. A realização de ecocardiografia está recomendada em doentes com suspeita clínica de estenose ou regurgitação valvular moderada a grave se não tiver sido realizada ecocardiografia no último ano ou se tiver ocorrido uma alteração significativa no estado geral ou exame objetivo desde a última avaliação (nível de evidência C).<sup>2</sup>
2. Avaliação clínica e ecocardiográfica está recomendada em todos os doentes com doença valvular conhecida ou suspeita que estão propostos para CNC eletiva de risco cardíaco intermédio ou elevado (nível de evidência C).<sup>6</sup>

### **AValiação de Hipertensão Pulmonar**

Embora os peritos acreditem que a HTP aumenta o risco CV na CNC (IC direita, isquémia do miocárdio e hipoxemia pós-operatória) e consequentemente a morbi-mortalidade, ainda são necessários mais estudos que o comprovem. A função ventricular direita tem merecido cada vez mais atenção, influenciando o prognóstico e estando associada a eventos cardíacos peri-operatórios.<sup>20</sup>

Assim todas as circunstâncias que reconhecidamente possam estar associadas a HTP beneficiam da realização de ecocardiograma para quantificação da sua gravidade, bem como da repercussão sobre as câmaras direitas do coração. A HTP pode ser idiopática ou devida a cirrose hepática em fase avançada, cardiopatias congénitas, doenças do colagénio, DPOC ou tromboembolismo. Por outro lado, os doentes com cardiopatias ou DPOC e HTP também apresentam frequentemente disfunção do VE e maior intolerância ao exercício físico. Estes doentes são particularmente sensíveis à hipoxia peri-operatória.<sup>4,21</sup>

### **ECOCARDIOGRAMA TRANSTORÁCICO DE STRESS**

O ETTS insere-se no grupo de exames complementares cujo objetivo é avaliar a CF, identificar a presença de isquémia do miocárdio ou arritmias cardíacas importantes e estimar o risco cardíaco peri-operatório, bem como o prognóstico a longo prazo, a par de outros testes de *stress* não invasivos (TSNI), como a prova de esforço. O reconhecimento de uma CF reduzida em doentes com doença coronária crónica ou após um evento cardíaco agudo constitui um forte indicador de risco cardíaco aumentado de morbi-mortalidade peri-operatória. No entanto, a redução da CF pode dever-se a vários fatores como baixa reserva cardíaca, idade avançada, disfunção transitória do miocárdio associada a isquémia

e baixa reserva pulmonar, sendo, portanto, fundamental determinar se a origem da limitação é de etiologia cardíaca ou não.<sup>22</sup>

As *guidelines* concordam que<sup>4,6</sup>:

#### **Classe I**

1. Os TSNI estão recomendados em doentes com mais de dois fatores de risco cardíaco e CF reduzida (METs < 4) propostos para cirurgia de alto risco cardíaco (nível de evidência C).

#### **Classe IIa**

1. Os TSNI estão recomendados nos doentes com doença arterial periférica com mais de 2 factores de risco cardíaco para despiste de doença cardíaca isquémica (nível de evidência C).

#### **Classe IIb**

1. Os TSNI estão recomendados em doentes com pelo menos um ou dois fatores de risco cardíaco e reduzida CF (METs<4) propostos para cirurgia de risco intermédio ou alto (nível de evidência C).

#### **Classe III**

1. Os TSNI não estão recomendados em doentes propostos para cirurgias de baixo risco (nível de evidência C).

O ETTS não deve ser utilizado como exame de primeira linha para diagnóstico e avaliação de prognóstico nos doentes com suspeita ou doença coronária conhecida, mas sim quando o doente está impossibilitado de realizar uma prova de esforço pela presença de doença vascular periférica, doença ortopédica ou neurológica, perante alterações relevantes no ECG em repouso como bloqueio completo do ramo esquerdo (uma vez que o exercício induz defeitos de perfusão septal que não podem ser atribuídos a doença coronária, reduzindo a especificidade) ou quando a prova de esforço se revelou não-diagnóstica, ambígua ou foi inconclusiva.<sup>23</sup>

A utilização pré-operatória do ETTS, está relacionada com a decisão quanto à necessidade ou não de realização de angiografia coronária ou coronariografia de revascularização antes da cirurgia eletiva e pode ter um papel importante no prognóstico de eventos cardíacos e *outcome* dos doentes com DPOC avançada quando proposto para lobectomia ou pneumectomia.<sup>24,25</sup>

Trata-se de um teste seguro e com boa tolerância por parte dos doentes. O valor preditivo de um teste positivo pode variar entre 25% e 55% mas de um teste negativo é de 93% - 100%, portanto valores bastante elevados para exclusão da possibilidade de ocorrência de eventos cardíacos.<sup>6,26</sup>

Por vezes, o doente não apresenta uma janela favorável à realização do ecocardiograma. Nestes casos, a cintigrafia de perfusão pode ser uma opção, mas nem sempre a imagem obtida é adequada devido à atenuação da imagem pelos tecidos moles. A ressonância magnética de *stress* com dobutamina pode constituir uma alternativa.<sup>4</sup>

## ECOCARDIOGRAMA TRANSESOFÁGICO EM CNC

O ETE é utilizado desde 1980 em cirurgia cardíaca e desde 1983 na neurocirurgia para deteção de embolia gasosa, no entanto existem poucos estudos baseados na evidência que demonstrem a sua utilidade em CNC. As primeiras *guidelines* para utilização de ETE no peri-operatório foram publicadas em 1996 e actualizadas em 2010, pela American Society of Anesthesiologists e pela Society of Cardiovascular Anesthesiologists,<sup>27</sup> tendo sido publicado posteriormente em 2013 um consenso da American Society of Echocardiography e Society of Cardiovascular Anesthesiologists.<sup>28</sup> O ETE permite no intra-operatório fazer uma avaliação funcional e hemodinâmica (HD) através da função sistólica e diastólica do VE; volume telediastólico do VE (estima a pré-carga); cálculo do débito cardíaco; função valvular; deteção precoce de alterações da contractilidade segmentar do VE; resposta à fluidoterapia; deteção de massas, vegetações e trombos intracavitários; avaliação do pericárdio e morfologia da veia cava inferior e aorta.<sup>28-31</sup> Pode ser ainda utilizado como guia para terapêutica vasopressora.

Para além disso, o ETE apresenta algumas vantagens relativamente a outros meios de monitorização como o catéter na artéria pulmonar. Está facilmente disponível, é relativamente seguro e pouco invasivo e fornece uma informação mais compreensível da estrutura e função do miocárdio. Ainda assim, deve ser utilizado por profissionais experientes uma vez que está associado a uma morbilidade que pode atingir 2 a 5 em cada 1000 doentes.<sup>28</sup> As complicações e limitações que lhe são atribuídas relacionam-se com a experiência do operador e com a presença de doença oral, esofágica e gástrica grave, podendo ter efeito traumático directo ou indirecto sobre a ventilação e a hemodinâmica.<sup>32,33</sup> São contra-indicações absolutas a perfuração gástrica e a instabilidade da coluna cervical. Todas as outras contra-indicações são relativas, devendo ser avaliado o risco-benefício em cada caso.<sup>34</sup> É fundamental a existência de treino específico para evitar interpretações erróneas e é provável que a ausência de literatura que suporte o impacto terapêutico do ETE como meio de monitorização durante a CNC *major*, esteja relacionada com o fato de serem poucos os anestesiológicos com experiência no seu manuseamento e interpretação.

Na deteção de isquémia do miocárdio, a correlação entre alterações eletrocardiográficas e alterações segmentares da parede do VE intra-operatórias no ETE é escassa<sup>35</sup> e ambas podem surgir na ausência de isquémia. As alterações segmentares podem ser difíceis de interpretar na presença de bloqueio do ramo esquerdo, *pacemaker* ventricular, FA ou sobrecarga do ventrículo direito (VD).<sup>6</sup> Novos episódios ou alterações segmentares de relevo surgem em menos de 20% nos doentes de risco propostos para CNC e são mais

frequentes nos doentes submetidos a cirurgia vascular da aorta. Poucos estudos demonstram o valor das alterações segmentares identificadas através do ETE na previsão da morbidade associada a CNC.

Existe evidência insuficiente, tendo em conta o custo-benefício, para a utilização do ETE em CNC, como guia diagnóstico ou terapêutico, ou seja para monitorização HD nos doentes de risco, no sentido de estratificar o risco e melhorar o *outcome*, a não ser que se trate de uma situação aguda, irreversível em que as alterações hemodinâmicas persistem e podem pôr em perigo a vida do doente ou quando a cirurgia programada é *major* e a patologia CV do doente pode resultar em compromisso HD, pulmonar ou neurológico grave.<sup>27,28,36</sup> No entanto, a utilização do ETE, nestas circunstâncias, apenas será viável numa unidade hospitalar com anestesiológicos experientes no manuseio e interpretação do ETE, ou com um serviço de cardiologia com profissionais disponíveis para estar no bloco operatório.

Por outro lado, o ETE, para além de permitir fazer uma avaliação HD, dá-nos informação sobre a função cardíaca e a dinâmica valvular. Está preconizada a utilização de ETE se existir disfunção valvular grave pré-operatória. A insuficiência mitral geralmente sofre agravamento com a anestesia geral e assiste-se ao aumento da  $FE_{VE}$  que sobrestima a função do VE, sendo por isso necessário avaliação de parâmetros mais complexos ou técnicas mais avançadas como o Doppler tecidual. Na estenose aórtica grave é fundamental manter uma pré-carga adequada durante toda a intervenção que pode ser estimada através do volume tele-diastólico do VE. A manutenção de uma FC adequada é fundamental na estenose mitral e na regurgitação aórtica, bem como aumento e redução do tempo de diástole, respetivamente. Estes parâmetros podem ser facilmente monitorizados através do ETE.

A mais recente indicação para utilização intra-operatória de ETE diz respeito à hipoxemia inexplicada que pode ser devida a disfunção cardiopulmonar (HTP ou disfunção do VE com EAP), existência de *shunts* com entrada de sangue pouco oxigenado na circulação arterial (*foramen* oval patente, outros defeitos do septo auricular ou defeitos do septo ventricular quando coexiste HTP) e alterações estruturais do mediastino e tórax (tamponamento cardíaco, derrame pericárdico e pleural).<sup>34</sup>

As *guidelines* recomendam o uso de ETE no intra-operatório nas seguintes situações<sup>2,6,32</sup>:

#### **Classe I**

1. O uso de ETE está recomendado quando ocorrem alterações hemodinâmicas agudas graves e persistentes no período peri-operatório (nível de evidência C).

Segundo as *guidelines* americanas, esta é uma recomendação classe IIa.<sup>2</sup>

#### **Classe IIa**

1. O uso de ETE deve ser considerado em doentes com alterações do segmento ST no ECG durante o período intra ou peri-operatório (nível de evidência C).

#### **Classe IIb**

1. O uso de ETE pode ser considerado em doentes com elevado risco de desenvolver isquémia miocárdica submetidos a CNC de alto risco (nível de evidência C).
2. O uso de ETE pode ser considerado em doentes com elevado risco de desenvolver alterações hemodinâmicas durante e após CNC de alto risco (nível de evidência C).
3. O uso de ETE pode ser considerado em doentes com lesões valvulares graves submetidos a CNC de alto risco acompanhada de *stress* hemodinâmico significativo (nível de evidência C).

#### **Classe III**

1. O uso rotineiro de ETE durante CNC para monitorização de alterações cardíacas ou isquémia miocárdica não é recomendado em doentes sem fatores de risco e procedimento sem risco de alterações hemodinâmicas, ventilatórias ou neurológicas significativas (nível de evidência C).

Tendo em conta os aspetos referenciados, e apesar de serem poucos os estudos baseados na evidência que demonstram a utilidade do ETE na CNC, a verdade é que a sua utilização intra-operatória é cada vez mais frequente e está recomendada sempre que se prevê compromisso hemodinâmico, pulmonar ou neurológico grave. É útil na Neurocirurgia para detetar embolia gasosa e quando existe um *foramen* oval patente; no transplante hepático para avaliação da função do VE, dimensão das câmaras cardíacas e deteção de derrame pericárdico que possa condicionar compressão das câmaras cardíacas; no transplante pulmonar para avaliação da função do VD e trombos intracavitário<sup>37</sup>; na cirurgia vascular para monitorização e avaliação da função do VE quando os doentes têm elevado risco CV e doença coronária. Alguns estudos suportam a utilização de ETE em cirurgia ortopédica quando o risco de embolia gorda é elevado e concomitantemente os doentes revelam grande fragilidade e elevado risco CV.<sup>38</sup>

Há estudos que revelam que o ETE, quando utilizado nos doentes críticos em contexto de Unidade de Cuidados Intensivos fornece informação diagnóstica adicional em 75% dos casos e pode mesmo conduzir a alterações da conduta terapêutica em 50% dos casos. Está indicado para monitorização HD, avaliação de doenças do pericárdio, diagnóstico de embolia e endocardite, bem como para diagnóstico diferencial de hipoxemia.<sup>39</sup>

Existem já *guidelines* a detalhar uma sequência básica de avaliação ecocardiográfica transesofágica intra-operatória.<sup>28,32,40</sup>

## ECOCARDIOGRAMA POINT-OF-CARE

O uso da ultrassonografia *point-of-care* (POC), também chamada de “à cabeceira do doente”, no peri-operatório pelo Anestesiologista incidiu inicialmente na realização de técnicas locorregionais e colocação de acessos vasculares mas, hoje em dia, estende-se à avaliação de todo o doente, a nível cardíaco, torácico e abdominal, sendo considerado o estetoscópio do século XXI.<sup>41</sup> O ecocardiograma POC, tem ganho cada vez mais importância na prática clínica do anestesiologista. Têm sido descritos diversos protocolos para a realização de ecocardiograma POC, cuja descrição foge ao âmbito deste trabalho, mas todos eles visam de uma forma simples e rápida responder a questões clínicas de “sim ou não”, que podem envolver a deteção de presença de falência ventricular, alterações da cinética segmentar, derrame pericárdico, patologia valvular grosseira ou avaliação dinâmica da veia cava inferior,<sup>42</sup> como indicador de volémia. A monitorização da colapsabilidade da veia cava inferior permite perceber o grau de preenchimento vascular do doente e a sua eventual resposta à fluidoterapia (a par de outros parâmetros como a área telediastólica do ventrículo esquerdo). Assim, o ecocardiograma POC é útil na avaliação e tratamento da instabilidade hemodinâmica, permitindo diagnosticar rapidamente a sua causa e realizar uma terapêutica dirigida. A Sociedade Americana de Ecocardiografia publicou em 2013 recomendações para o uso do ecocardiograma POC onde se evidencia a sua utilidade em situações urgentes/emergentes, permitindo, em tempo real, diagnosticar a causa das alterações hemodinâmicas e conduzir o tratamento de forma mais direcionada.<sup>43</sup> Alerta contudo para a necessidade de uma posterior avaliação ecocardiográfica formal para melhor esclarecimento das alterações encontradas bem como deteção de outras que não foram observadas anteriormente.

## CONCLUSÃO

A avaliação CV pré-operatória cuidada dos doentes propostos para CNC é fundamental no sentido de identificar os doentes de alto risco. Só assim é possível fazer uma otimização clínica e proporcionar um período peri-operatório mais seguro e com menor incidência de complicações cardiovasculares. O ETT em repouso pode ser útil na avaliação do risco CV e na otimização terapêutica pré e pós-operatórias em situações bem selecionadas, tendo sempre em conta a urgência da cirurgia, o risco-benefício para o doente e o impacto sobre o manuseamento peri-operatório. Por outro lado, o ETE também não é recomendado por rotina, mas poderá constituir uma mais-valia no intra-operatório e permitir proporcionar melhores cuidados aos doentes, sobretudo na cirurgia vascular *major* ou quando as alterações hemodinâmicas são agudas e persistentes e podem comprometer a vida do doente.

## AGRADECIMENTOS

Um muito obrigada à Professora Doutora Ana Almeida, Assistente Hospitalar Graduada de Cardiologia no Centro Hospitalar Lisboa Norte, pela sua disponibilidade e colaboração.

### Responsabilidades Éticas

**Conflitos de Interesse:** Os autores declaram não possuir conflitos de interesse.

**Suporte Financeiro:** O presente trabalho não foi suportado por nenhum subsídio ou bolsa.

**Proveniência e revisão por pares:** Não comissionado; revisão externa por pares.

### Ethical Disclosures

**Conflicts of Interest:** The authors have no conflicts of interest to declare.

**Financing support:** This work has not received any contribution, grant or scholarship.

**Provenance and peer review:** Not commissioned; externally peer reviewed.

Submissão: 16 de março, 2019 | Aceitação: 04 de junho, 2019

Received: 16th of March, 2019 | Accepted: 4th of June, 2019

## REFERÊNCIAS

1. De Hert S, Staender S, Fritsch G, Hinkelbein J, Afshari A, Bettelli G, et al. Pre-operative evaluation of adults undergoing elective noncardiac surgery: Updated guideline from the European Society of Anesthesiology. *Eur J Anaesthesiol.* 2018; 35:407-65. doi: 10.1097/EJA.0000000000000817.
2. Fleisher LA, Fleischmann KE, Auerbach AD, Barnason SA, Beckman JA, Bozkurt B, et al. 2014 ACC/AHA guideline on perioperative cardiovascular evaluation and management of patients undergoing noncardiac surgery: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation.* 2014; 130:278-333. doi: 10.1161/CIR.000000000000106.
3. Lee TH, Marcantonio ER, Mangione CM, Thomas EJ, Polanczyk CA, Cook EF, et al. Derivation and prospective validation of a simple index for prediction of major cardiac risk of major noncardiac surgery. *Circulation.* 1999; 100:1043-9.
4. Wijeyesundera DN, Duncan D, Nkonde-Price C, Virani SS, Washam JB, Fleischmann KE, et al. Perioperative betablockade in noncardiac surgery: a systematic review for the 2014 ACC/AHA guideline on perioperative cardiovascular evaluation and management of patients undergoing noncardiac surgery: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation.* 2014; 130:2246-64. doi: 10.1161/CIR.000000000000104.
5. Polanczyk CA, Marcantonio E, Goldman L, Rohde LE, Orav J, Mangione CM, et al. Impact of age on perioperative complications and length of stay in patients undergoing noncardiac surgery. *Ann Intern Med.* 2001; 134:637-43.
6. Kristensen SD, Knuuti J, Saraste A, Anker S, Bøtker HE, Hert SD, et al. 2014 ESC/ESA Guidelines on non-cardiac surgery: cardiovascular assessment and management. *Eur Heart J.* 2014; 35:2383-431. doi: 10.1093/eurheartj/ehu282.
7. Wijeyesundera DN, Beattie WS, Karkouti K, Neuman MD, Austin PC, Laupacis A. Association of echocardiography before major elective non-cardiac surgery with postoperative survival and length of hospital stay: population based cohort study. *BMJ.* 2011; 342:d3695.
8. Foy AJ, Ting JG. The harms of an unnecessary preoperative echocardiogram: A teachable moment. *JAMA Intern Med.* 2014; 174:853-4. doi: 10.1001/jamainternmed.2014.379.
9. Shim CY. Preoperative cardiac evaluation with transthoracic echocardiography before non-cardiac surgery. *Korean J Anesthesiol.* 2017; 70:390-7. doi: 10.4097/kjae.2017.70.4.390.
10. Park SJ, Choi JH, Cho SJ, Chang SA, Choi JO, Lee SC, et al. Comparison of transthoracic echocardiography with N-terminal pro-brain natriuretic peptide as a tool for risk stratification of patients undergoing major noncardiac surgery. *Korean Circ J.* 2011; 41:505-11. doi: 10.4070/kcj.2011.41.9.505.
11. British Society of Echocardiography. Clinical Indications for Echocardiography. [accessed 5 October 2018] Available at: <https://www.bsecho.org/indications-for-echocardiography/>.
12. National Institute for Health and Care Excellence (NICE). Routine preoperative tests for elective surgery. 2016 (NICE Guideline 45). [accessed 4 October 2018] Available at: <https://www.nice.org.uk/guidance/ng45>.
13. Halm EA, Browner WS, Tubau JF, Tateo IM, Mangano DT. Echocardiography for assessing cardiac risk in patients having noncardiac surgery. *Ann Intern Med.* 1996; 125:433-41.
14. Rohde LE, Polanczyk CG, Goldman L, Cook EF, Lee RT, Lee TH. Usefulness of transthoracic echocardiography as a tool for risk stratification of patients undergoing major noncardiac surgery. *Am J Cardiol.* 2001; 97:508-9.
15. Kertai MD, Boersma E, Bax JJ, Heijnenbroek-Kal MH, Hunink MG, L'italien GJ, et al. A meta-analysis comparing the prognostic accuracy of six diagnostic tests



- for predicting perioperative cardiac risk in patients undergoing major vascular surgery. *Heart*. 2003; 89:1327-1334
16. Khouri SJ, Maly GT, Suh DD, Wlsh TE. A practical approach to the echocardiographic evaluation of diastolic function. *J Am Soc Echocardiogr*. 2004; 17:290-7.
  17. Marques AC, Caramelli B. O ecocardiograma na avaliação do risco perioperatório. *Rev Bras Ecocardiogr*. 2008; 21:45-9.
  18. Woodward MN, Earnshaw JJ, Heather BP. The value of QTc dispersion in assessment of cardiac risk in elective aortic aneurysm surgery. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 1998; 15:267-9.
  19. Klocke FJ, Baird MG, Lorell BH, Bateman TM, Messer JV, Berman DS, et al. ACC/AHA/ASNC Guidelines for the clinical use of cardiac radionuclide imaging: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2003; 42:1318-33.
  20. Tan TC, Dudzinski DV, Hung J, Mehta V. Peri-operative assessment of right heart function: role of echocardiography. *Eur J Clin Invest*. 2015; 45:755-66. doi: 10.1111/eci.12462.
  21. Kaw R, Pasupuleti V, Deshpande A, Hamieh T, Walker E, Minair OA. Pulmonary hypertension: an important predictor of outcomes in patients undergoing non-cardiac surgery. *Respir Med*. 2011; 105:619-24.
  22. Morris CK, Ueshima K, Kawaguchi T. The prognostic value of exercise capacity: A review of the literature. *Am Heart J*. 1991; 122:1423-31.
  23. Sicari R, Nihoyannopoulos P, Evangelista A, Kasprzak J, Lancellotti P, Poldermans D, et al. Stress echocardiography expert consensus statement: European Association of Echocardiography. *Eur J Echocardiogr*. 2008; 9:415-37. doi: 10.1093/ejehocard/jen175.
  24. Bach DS, Curtis JL, Christensen PJ, Iannettoni MD, Whyte RI, Kazerooni EA, et al. Preoperative echocardiographic evaluation of patients referred for lung volume reduction surgery. *Chest*. 1998; 114: 972-80.
  25. Bosson E, Martinez FJ, Whyte RI, Iannettoni MD, Armstrong WF, Bach DS. Dobutamine stress echocardiography for the preoperative evaluation of patients undergoing lung volume reduction surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1999; 118:542-6.
  26. Gualandro DM, Yu Pc, Caramelli B, Marques AC, Calderaro D, Fornari LS, et al. 3rd Guideline for perioperative cardiovascular evaluation of the Brazilian Society of Cardiology. *Arq Bras Cardiol*. 2017; 109:1-104. doi: 10.5935/abc.20170140.
  27. Practice guidelines for perioperative transesophageal echocardiography: An updated report by the American Society of Anesthesiologists and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force on Transesophageal Echocardiography. *Anesthesiology*. 2010; 112:1084-96. doi: 10.1097/ALN.0b013e3181c51e90.
  28. Reeves ST, Finley AC, Skubas NJ, Swaminathan M, Whitley WS, Glas KE, et al. Basic perioperative transesophageal echocardiography examination: A consensus statement of the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *Anesth Analg*. 2013; 117:543-58. doi: 10.1016/j.echo.2013.02.015.
  29. Fayad A, Shillcutt SK. Perioperative transesophageal echocardiography for non-cardiac surgery. *Can J Anesth*. 2017; 65:381-98.
  30. Nicoara A, Whitener G, Swaminathan M. Perioperative diastolic dysfunction: A comprehensive approach to assessment by transesophageal echocardiography. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth*. 2013; 18:218-36.
  31. McLroy DR, Lin E, Durkin C. Intraoperative transesophageal echocardiography: A critical appraisal of its current role in assessment of diastolic dysfunction. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2015; 29:1033-43. doi: 10.1053/j.jvca.2015.01.009
  32. Salgado-Filho MF, Morhy SS, de Vasconcelos HD, Lineburger EB, Papa FV, Botelho ES, et al. Consenso sobre ecocardiografia transesofágica perioperatória da Sociedade Brasileira de Anestesiologia e do Departamento de Imagem Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia. *Rev Bras Anestesiol*. 2018; 68:1-32.
  33. Hauser ND, Swanevelder J. Transoesophageal echocardiography (TOE): contra-indications, complications and safety of perioperative TOE. *Echo Res Pract*. 2018; 5:R101-R113. doi: 10.1530/ERP-18-0047.
  34. Rebel A, Klimkina O, Hassan ZU. Transesophageal echocardiography for the noncardiac surgical patient. *Int Surg*. 2012; 97:43-55.
  35. London MJ, Tubau JF, Wong MG, Layug E, Hollenberg M, Krupski WC, et al. The "natural history" of segmental wall motion abnormalities in patients undergoing noncardiac surgery. *Anesthesiology*. 1990; 73:644-55.
  36. Schultmeyer C, Farias J, Rajdl E, de La Maza J, Labbé M. Utility of transesophageal echocardiography during severe hypotension in non-cardiac surgery. *Rev Bras Anestesiol*. 2010; 60:513-21.
  37. Evans A, Dwarakanath S, Hogue C, Brady M, Poppers J, Miller S, et al. Intraoperative echocardiography for patients undergoing lung transplantation. *Anesth Analg*. 2014; 118:725-30. doi: 10.1213/ANE.000000000000121.
  38. Flachskampf FA, Wouters PF, Edvardsen T, Evangelista A, Habib G, Hoffman P, et al. Recommendations for transesophageal echocardiography: EACVI update 2014. *Eur Heart J*. 2014; 15:353-65. doi: 10.1093/ehjci/jeu015.
  39. Mahmood F, Christie A, Matyal R. Transesophageal echocardiography and noncardiac surgery. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth*. 2008; 12:265-89.
  40. American Society of Anesthesiologists. Statement on transesophageal echocardiography 2015. [accessed 5 October 2018] Available at: <http://www.asahq.org/quality-and-practice-management/standards-guidelines-and-related-resources/statement-on-transesophageal-echocardiography>.
  41. Haskins SC, Vaz AM, Garvin S. Perioperative point-of-care ultrasound for the anesthesiologist. *J Anesth Perioper Med*. 2018; 5:92-6.
  42. Ramsingh D, Fox JC, Wilson WC. Perioperative point-of-care ultrasonography: An emerging technology to be embraced by anesthesiologists. *Anesth Analg*. 2015; 120:990-2. doi: 10.1213/ANE.0000000000000702.
  43. Spencer KT, Kimura BJ, Korcarz CE, Pellikka PA, Rahko PS, Siegel RJ. Focused cardiac ultrasound: Recommendations from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2013; 26:567-81. doi: 10.1016/j.echo.2013.04.001