

SHD 治療における 3D ICE の可能性

Tang GHL et al; J Am Coll Cardiol Img. 2025 Jan 18 (1) 93-115

背景

Structural heart disease (SHD) 治療の発展に伴い、術中イメージングの重要性がますます高まっている。現在、経食道心エコー (TEE) が、経皮的僧帽弁接合不全修復術 (M-TEER)、左心耳閉鎖術 (LAAO)、心房中隔欠損/卵円孔開存 (ASD/PFO) 閉鎖術などの structural intervention における標準的術中モダリティであるが、全身麻酔を必要とする場合が多く、患者負担や人的リソース増加につながる。一方、心腔内心エコー (intracardiac echocardiography; ICE) は局所麻酔下で施行可能な低侵襲イメージング法として注目されている。近年、3-dimensional ICE (3D ICE) が登場し、従来の 2D ICE よりも立体構造把握能が向上し、ICE 単独で SHD 治療を施行できる可能性が議論され始めている。

目的

3D ICE の技術的特徴、現在の臨床応用、TEE との比較、および将来的な SHD 治療における術中イメージングとしての役割について概説する。

結果

3D ICE は、心腔内からリアルタイムに高解像度画像を取得でき、特に以下の手技で有用性が期待されている。

- M-TEER : clip trajectory、弁尖把持、残存 MR の評価
- LAAO : 左心耳形態、デバイス位置、圧縮率、残存リークの評価
- ASD/PFO closure : 欠損孔形態、リム、中隔構造の評価
- TAVI : 伝導系近傍、左室流出路との位置関係、留置深度の評価

TEE と比較した 3D ICE の利点として、

- 全身麻酔を回避可能
- 低侵襲
- 術者自身による画像操作が可能
- 手技手順の簡略化
- 低侵襲治療戦略との親和性

などが挙げられている。一方で課題として、

- TEE より視野が限定的
- 左房後壁や僧帽弁全体描出の難しさ
- カテーテル操作習熟の必要性
- ICE カテーテルコスト
- 追加静脈アクセス

などが指摘されている。また、将来的展望として、

- 術前 CT や透視画像との融合
- AI による自動構造認識
- device tracking
- robotic catheter navigation

の可能性についても議論されている。

結論

3D ICE は、SHD 治療における新たな術中イメージングモダリティとして急速に発展している。現時点では TEE を完全に代替する段階には至っていないものの、低侵襲性とリアルタイム性を背景に、特定症例や特定手技では有力な代替・補完モダリティとなる可能性が示された。今後の技術進歩や経験蓄積により、ICE は SHD 治療の術中イメージングにおける役割拡大が期待される。

コメント

本論文は、3D ICE が単なる TEE 代替技術ではなく、structural intervention workflow そのものを変える可能性を示した点で非常に興味深い。特に高齢患者や frailty を有する症例では、全身麻酔回避による低侵襲化の意義は大きく、低侵襲治療戦略の流れとも一致している。また、術者自身がリアルタイムに画像を取得・操作できる点は、従来の TEE 中心の workflow とは大きく異なる。今後、LAAO や ASD/PFO 閉鎖術では ICE 主体の workflow がさらに広がる可能性があると考えられる。また、interventional echocardiographer に求められる役割も変化していく可能性がある。単純な画像提示ではなく、

- 複雑な解剖構造の理解
- device-tissue interaction の評価
- procedural strategy の提案
- マルチモダリティ画像融合

といった、より高度な“procedural imaging specialist”としての役割が重要になると考えられる。

一方で、現時点では 3D ICE のみで全ての SHD 治療を安全に実施できる段階ではなく、特に僧帽弁領域では TEE の優位性が依然大きい。また、learning curve やコスト、追加静脈アクセスの問題もあり、普及には一定の時間を要すると考えられる。将来的には、カテーテル小径化や画質向上、術前 CT 画像や AI 技術との融合により、3D ICE の役割はさらに拡大する可能性がある。特に SHD 治療で重要な「術前 CT と術中画像の融合」において、3D ICE は重要な位置を占める可能性があり、今後の発展が期待される。

千葉大学医学部附属病院 循環器内科 画像班
木下 真己子