

授与番号	甲第 1939 号
------	-----------

### 論文内容の要旨

Comparison of left atrial appendage measurements  
between conventional transesophageal echocardiography  
and “virtual TEE” reconstructed from computed tomography  
for pre-procedural planning of device closure

(左心耳閉鎖デバイス術前プランニングにおける経食道心エコーと  
コンピュータ断層撮影から再構成した“バーチャル経食道心エコー”との  
左心耳計測値の比較)

(長 捺希, 中島 祥文, 久保 俊介, 原 英彦, 七里 守,  
朴澤 麻衣子, 土井 章男, 森野 禎浩)  
(Heart and Vessels 令和6年2月オンライン掲載)

### I. 研究目的

経皮的左心耳閉鎖術(Left atrial appendage closure:LAAC)は抗凝固療法を継続することが困難な患者に対する心原性塞栓症予防のための治療法である。そのデバイスサイズを決定するためには画像検査で左心耳(Left atrial appendage:LAA)入口部の landing zone(LZ)の測定が必須である。経食道心エコー検査(Transesophageal echocardiogram:TEE)は術前・術中のLAA評価のための標準的なモダリティである。しかし高齢者など検査侵襲に耐えられない患者がいること、アーチファクトによる画質不良などの問題がある。近年心臓コンピュータ断層撮影(Computed tomography:CT)によるLAA評価も広く使用されつつある。岩手県立大学ソフトウェア情報学部が開発したCT画像3D画像化ソフトウェアVolume Extractor version 3.0(i-Plants System Corporation)に追加して、今回我々はTEE画像に類似した画像を再構成できるバーチャルTEE(Virtual TEE:V-TEE)機能を共同開発した。

本研究ではV-TEEとTEE間のLAA LZ測定値の相関と差を比較し、また左心耳入口部の楕円率による差異への影響について検討した。

### II. 研究対象ならび方法

2019年9月から2021年4月までに4施設(当院,東邦大学大橋医療センター循環器内科,榊原記念病院循環器内科,倉敷中央病院循環器内科)でLAAC治療が行われた患者のうち,術前1年間に64列以上の心電図同期心臓CTを撮像された患者を対象とした(倫理委員会受付番号MH2021-021)。

CT画像は収縮末期のLAA画像から3D-multiplanar reconstruction(MPR)を使用し計測した。V-TEEはCT水平断画像上で「食道ライン」を設定し,仮想トランスデューサーを操作することでTEEの $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$ それぞれの画像に近似したLAA画像を作成した。TEEも $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$ のLAA画像を使用し測定した。LAACではWATCHMAN™(Boston Scientific, Marlborough, MA, USA)デバイスサイズの決定のため最適なLAA LZで径を測

定する必要がある。左冠動脈回旋枝とクマジン稜先端から 1~2cm 内側の点とを結ぶ線を LZ とし、V-TEE, TEE 画像における LZ 径をそれぞれ測定した。

乖離が生じる要因として楕円率の高さが影響すると想定し検討した。LAA 入口部の楕円率は CT 3D-MPR 画像における LZ の短径/長径として計算し、中央値を境に 2 群に分類し比較した。

患者背景について連続変数は Student の t 検定または Mann-Whitney U 検定を、カテゴリ変数は Fisher の直接確率検定で検討した。TEE と V-TEE による LZ 最大径値の相関は Pearson の相関係数および回帰分析を使用し、値の差異は Bland-Altman プロットと対応のある t 検定で検討した。楕円率による値の差異は Mann-Whitney U 検定にて検討した。検者内相関、検者間相関は級内相関係数で検討した。p<0.05 は統計的に有意な差を示すとみなした。統計分析には SPSS (IBM SPSS version 27 Armonk, NY, USA) を使用した。

### III. 研究結果

1. 登録された 66 例のうち、画質不良のため 3 例を除外し、63 例を解析対象とした。平均年齢は  $72.7 \pm 10.2$  歳、31.7% が女性であり、平均 CHADS<sub>2</sub> score は  $3.2 \pm 1.2$  点、CHA<sub>2</sub>DS<sub>2</sub>-VASc score は  $4.6 \pm 1.5$  点、HAS-BLED score は  $3.3 \pm 0.8$  点であった。慢性心房細動を有する頻度は LAA 楕円形群の方が LAA 円形群よりも有意に高かった。
2. V-TEE と TEE の LAA LZ 最大径の相関は (r:相関係数)  $0^\circ$  :  $r=0.912$ ,  $45^\circ$  :  $r=0.904$ ,  $90^\circ$  :  $r=0.936$ ,  $135^\circ$  :  $r=0.950$  と各角度で強い相関を認めたが、TEE の方が有意に小さかった (V-TEE 計測値から TEE 計測値を引いた差  $0^\circ$  :  $3.0\text{mm}$  ( $p<0.001$ ),  $45^\circ$  :  $2.8\text{mm}$  ( $p<0.001$ ),  $90^\circ$  :  $2.4\text{mm}$  ( $p<0.001$ ),  $135^\circ$  :  $2.6\text{mm}$  ( $p<0.001$ )).
3. LAA 入口部の楕円率が V-TEE, TEE 間の LZ 径の差異に影響するか分析するため、円形グループ (n = 31) と楕円形グループ (n = 32) で 2 群に分け V-TEE と TEE によって測定された LZ 径の比 (V-TEE/TEE 比) を比較した。楕円率の中央値は 0.74 であった。楕円形グループはほとんどの角度で有意に差異が大きかった ( $0^\circ$  :  $p=0.049$ ,  $45^\circ$  :  $p=0.016$ ,  $90^\circ$  :  $p=0.402$ ,  $135^\circ$  :  $p=0.008$ ).
4. 検者内相関、検者間相関の結果はいずれのモダリティも小さなばらつきであった。

### IV. 結 語

V-TEE は TTE と同様の画像を再構築することが可能でありデバイス LZ 径の評価において有用な方法である。V-TEE と TEE の計測値は強い相関を認めたが VTEE による計測値は TEE による計測値よりも大きく、特に楕円な左心耳で大きかった。V-TEE による評価は左心耳の形態に関わらず適切なデバイスサイジングを行うことができる可能性がある。

## 論文審査の結果の要旨

## 論文審査担当者

主査 別府 高明 (脳神経外科)

副査 熊谷 亜希子 (臨床検査医学)

副査 大和田 真玄 (内科学・循環器内科)

左心耳閉鎖術の際に必要な情報である左心耳入口部 landing zone (LZ)の径は経食道エコー (transesophageal echocardiogram, TEE)と CT によって測定されるが、両者で測定される LZ 径には差異が生じる。本研究は、3D-CT を元データとして視覚的に TEE に類似した合成画像 (virtual TEE, vTEE) を作成し、TEE と vTEE のそれぞれで LZ 径を測定して両者を比較することにより、TEE と CT の間で生じる測定径の差異を引き起こす原因を明らかにすることを目的とした。

左心耳閉鎖術を施行した 63 症例を対象とし、TEE と vTEE のそれぞれの画像で左心耳入口部 LZ 径を 4 つの角度で描出して計測し、両検査による LZ 径の相関を調べた。次に、両者の測定値の差異の原因を究明するために、vTEE による楕円率 (LZ の短径/長径)の中間値を閾値として全例を楕円群と円形群の 2 群にわけ、TEE と vTEE の LZ 径の差異を比較した。また、TEE における左心耳の側壁の視認性によって 2 群にわけ、同じく両検査の LZ 径の差異を比較した。

結果として、TEE と vTEE による左心耳入口部 LZ 径の測定値は両者間で全角度において強く相関していたが、TEE の測定径の方が有意に短かった。TEE と vTEE による測定値の差異は楕円群の方が大きく、さらに、TEE における左心耳両側壁の非視認性が有意に差異を引き起こしていることが明らかとなった。

本研究によって、LZ が楕円であるほど、また、TEE で描出不良であるほど、TEE による LZ 径の計測値は過小評価されることが示唆された。本研究は価値ある研究であり学位に値する研究・論文である。

## 試験・試問の結果の要旨

研究方法の妥当性、統計解析の妥当性、研究結果の考察、本研究の今後の発展・展望などについて試問を行い、適切な解答を得た。学位に値する学識を有していると考えられる。また、学位論文の作成にあたっては、剽窃・盗作等の研究不正が無いことを確認した。

## 参考論文

- 1) Emergency transcatheter mitral valve edge-to-edge repair for acute ischemic papillary muscle rupture in a patient with cardiogenic shock due to acute coronary syndrome. (長捺希、他 2 名と共著) Transcatheter Valve Ther 4: 1 (2022): p51-55.
- 2) Relationship between blood pressure variability and cognitive function in elderly patients with well blood pressure control. (長捺希、他 4 名と共著) Am J Hypertens 31: 3(2018): p293-298.