

# 論文要旨

## Evaluation of Left Ventricular Ejection Fraction By Tissue Locus Imaging

〔 Tissue Locus Imaging を用いた左室駆出率の評価 〕

夏越久美子

### 【背景および目的】

Tissue Locus Imaging (TLI) は、心エコー法の新技术であり、過去から現在までの画像を一枚の静止画に表示する。白黒モード TLI 画像は、現在の画像を最も白く表示し、過去の画像を灰白色に表示するが古いものほど黒に近く表示する。また、カラーモード TLI 画像は、現在の画像を青色で表示し、過去の画像を黄色から赤色に表示する。このようにして TLI 法は 0.1 ないし 0.6 秒間に得られた全ての画像を一枚の静止画として表示する。TLI 法は、左房・左室血液に囲まれた僧帽弁のような周囲にエコー信号の少ない画像の表示に優れていると予想されるので、TLI 法は僧帽弁尖の収縮期移動を表示できる可能性がある。僧帽弁輪の収縮期移動距離は左室収縮能や駆出率と関連することが報告されている。従って、TLI 法により評価した僧帽弁尖の収縮期移動距離も左室駆出率と関連し、TLI 法は左室機能の評価や表示に優れた方法である可能性がある。本研究の目的は、TLI 法で評価した僧帽弁尖の収縮期移動距離と断層心エコー法により計測した左室駆出率の関連を検討することである。

### 【方法】

対象は、標準的な心エコー検査および TLI 法で僧帽弁尖の収縮期移動距離を測定した連続 36 症例（冠動脈疾患 15 例、心筋症 9 例、高血圧性心疾患 3 例、大動脈弁狭窄症 2 例、大動脈弁閉鎖不全症 1 例および健常者 6 例）である。

これらの症例において、断層心エコー法を用いた二断面 Simpson 法により左室駆出率を測定した。また、TLI 法のプログラムを組み込んだ東芝社製心臓超音波診断装置 (Powervision 380A) を以下のように設定した。通常断層心エコー画像上の信号は 128 階調の強度を有している（128 は最も白く、0 は信号なし）が、まず 64 階調以上の強度を有している信号全てを選択して最も強い 128 階調の信号として表示し、62 階調以下の信号は全て表示しないように設定した。次の瞬間に新しい画像を作成する時は、同様に 64 階調以上の強度を有している信号全てを選択して最も強い 128 階調の信号として表示し、一つ前の画像信号は全て 2 階調下げて 126 階調の信号として表示する。心臓超音波診断装置が次々に新しい画像を作成する時に以前の画像は 2 階調ずつ信号強度を下げ表示される。従って TLI 法でいったん表示された信号は、連続する 64 枚の画像上に徐々に少ない階調で表示され、その後消失する。この心臓超音波診断装置は 1 秒間に 113 枚の画像を作成するので、

白黒モード TLI 法は、過去 0.57 秒間の 64 階調以上の全ての画像信号を、最も新しい信号は白く、作成されて 0.57 秒未満の過去の信号は灰白色に表示し、0.57 秒以上過去の信号は全て表示されない。同様にカラーモード TLI 法は、過去 0.57 秒間の 64 階調以上の全ての画像信号を、最も新しい信号は青く、作成されて 0.57 秒未満の過去の信号は黄色ないし赤色に表示し、0.57 秒以上過去の信号は全て表示されない。このように TLI 法を設定した後に、心尖四腔断面において僧帽弁尖に TLI 法を適用した。同時記録の心音図の II 音開始時を収縮末期と定義すると、収縮末期の白黒モード TLI 画像には収縮開始期の僧帽弁尖が灰白色に表示され収縮末期の僧帽弁尖が最も強い白色に表示された。同様に、カラーモード TLI 画像には収縮開始期の僧帽弁尖が黄色から赤色に表示され収縮末期の僧帽弁尖が青色に表示された。収縮末期のカラーモード TLI 画像において、収縮開始期における僧帽弁尖中央部の信号と収縮末期における僧帽弁尖中央部の信号間の距離を測定し、僧帽弁尖の収縮期移動距離とした。

### 【結果】

- (1) 全例において断層心エコー法を用いた二断面 Simpson 法により左室駆出率の計測が可能であり、TLI 法による僧帽弁尖の収縮期移動距離の測定も可能であった。
- (2) 左室駆出率は 19 - 75 ( $50 \pm 15$ ) % であり、僧帽弁尖の収縮期移動距離は 1.5 - 8.7 ( $5.0 \pm 1.5$ ) mm であった。
- (3) 断層心エコー法を用いた二断面 Simpson 法による左室駆出率と TLI 法による僧帽弁尖の収縮期移動距離は有意かつ良好な相関を示した ( $r^2=0.83$ ,  $p<0.0001$ )。

### 【考察】

断層心エコー法による左室駆出率は TLI 法による僧帽弁尖の収縮期移動距離と良好に相関した。また、TLI 法は全例で僧帽弁尖の収縮期移動を明瞭に表示した。従って、TLI 法は一枚の静止画像で心機能を表示できる優れた方法であると考えられる。

心エコー画像不良例では、しばしば左室心内膜面の同定が困難であるが、そのような症例でも僧帽弁尖は明瞭に表示されることが多い。従って本法は特に画像不良例で有用である可能性がある。

僧帽弁輪の収縮期移動距離も左室機能を表すと報告されているが、本研究はこれらの研究結果と合致し、さらに TLI 法による僧帽弁尖収縮期移動の画像化が心機能の優れた表示方法であることを示した。

### 【結論】

Tissue Locus Imaging 法は、僧帽弁尖収縮期移動を画像で示し、心機能の評価や表示に有用な方法と考えられる。

(The American Journal of Cardiology Vol. 94, No.2 2004 年 掲載)

# 論文審査の要旨

報告番号	医論第1434号	氏名	夏越久美子
審査委員	主査	川平 和美	
	副査	愛甲 孝	上村 裕一

## Evaluation of Left Ventricular Ejection Fraction By Tissue Locus Imaging (Tissue Locus Imaging を用いた左室駆出率の評価)

Tissue Locus Imaging (TLI) は、心エコー法の新技術であり、過去から現在までの0.1ないし0.6秒間に得られた全ての画像を一枚の静止画として表示する。TLI法は僧帽弁尖の収縮期移動を表示できる可能性がある。僧帽弁輪の収縮期移動距離は左室収縮能や駆出率と関連することが報告されている。従って、TLI法により評価した僧帽弁尖の収縮期移動距離も左室駆出率と関連し、TLI法は左室機能の評価や表示に優れた方法である可能性がある。本研究の目的は、TLI法で評価した僧帽弁尖の収縮期移動距離と断層心エコー法により計測した左室駆出率の関連を検討することである。

対象は、標準的な心エコー検査および TLI 法で僧帽弁尖の収縮期移動距離を測定した連続 36 症例 (冠動脈疾患 15 例、心筋症 9 例、高血圧性心疾患 3 例、大動脈弁狭窄症 2 例、大動脈弁閉鎖不全症 1 例および健常者 6 例) である。

これらの症例において、断層心エコー法を用いた二断面 Simpson 法により左室駆出率を測定した。TLI 法のプログラムを組み込んだ東芝社製心臓超音波診断装置 (Powervision 380A) を用いて、0.57 秒間に作成された全ての画像の 64 階調以上の画像信号を、古い画像信号と新しい画像信号に白黒の諧調差をつけて (白黒モード TLI) あるいは色調に差をつけて (カラーモード) 表示するように設定した。心尖四腔断面において僧帽弁尖に TLI 法を適用し、収縮末期の TLI 画像において、収縮開始期における僧帽弁尖中央部の画像信号と収縮末期における僧帽弁尖中央部の画像信号間の距離を測定し、僧帽弁尖の収縮期移動距離とした。

本研究で得られた知見は以下の通りである。

- (1) 全例において断層心エコー法を用いた二断面 Simpson 法により左室駆出率の計測が可能であり、TLI 法による僧帽弁尖の収縮期移動距離の測定も可能であった。
- (2) 左室駆出率は 19-75 ( $50 \pm 15$ ) % であり、僧帽弁尖の収縮期移動距離は 1.5-8.7 ( $5.0 \pm 1.5$ ) mm であった。
- (3) 断層心エコー法を用いた二断面 Simpson 法による左室駆出率と TLI 法による僧帽弁尖の収縮期移動距離は有意かつ良好な相関を示した ( $r^2=0.83, p<0.0001$ )。

本研究は、Tissue Locus Imaging 法を用いた僧帽弁尖収縮期移動距離と左室駆出率間の良い相関を示し、Tissue Locus Imaging 法が心機能の評価や表示に有用な方法であることを報告したものであり、臨床の現場において大きく貢献するものと考えられる。よって、本研究は学位論文として十分な価値を有するものと判定した。

# 試験（学力確認）の結果の要旨

報告番号	医論第1434号	氏名	夏越久美子
審査委員	主査	川平 和美	
	副査	愛甲 孝	上村 裕一

主査および副査の3名は、平成18年7月4日、学位請求者 夏越久美子君 に面接し、学位請求論文の内容について説明を求めると共に、関連事項について試問を行った。具体的には、以下のような質疑応答がされ、いずれについても満足すべき回答を得ることができた。

【質問1】Tissue Locus Imaging を用いた僧帽弁尖移動距離測定の再現性はどうか？

【回答】異なる検者が測定した場合の誤差も、同一検者が2回測定した時の誤差も両方5%以内であり、大きな問題はありませぬ。極端な心機能低下例では、非常に小さな距離を測定するために測定誤差が比較的大きくなる可能性はあります。また、画像を得る技術も簡単で、画像を得る段階の測定誤差に及ぼす懸念もありません。

【質問2】Tissue Locus Imaging には白黒モードとカラーモードがありますが、どちらが優れていますか？

【回答】個人的には白黒モードの方が見やすいように思いますが、デジタル画像であり、同じ情報が白黒の諧調としてあるいはカラーで表示されているわけですから、どちらも同様の価値を有すると考えられます。

【質問3】僧帽弁尖の移動距離を測定していますが、それよりも弁尖の移動した面積を測定した方が良いのではないですか？

【回答】僧帽弁尖の特に中央付近の移動距離は、弁尖の周囲にエコー信号を持つ組織がないために Tissue Locus Imaging により簡便に測定できます。しかし、弁尖の端の方や弁輪近くでは、弁尖の周囲に左房壁や左室壁等のエコー信号を持つ組織があるために弁尖と弁尖周囲の組織信号が重なり合って弁尖の信号を Tissue Locus Imaging により同定することが困難になります。そのために弁尖の中央部の移動距離は簡便に測定できますが、弁尖全体の移動面積は測定困難です。

【質問4】フレーム数は113枚/秒で、合計0.57秒の画像を一枚の静止画に表現していますが、なぜその設定を選んだのですか？

【回答】フレーム数の113枚/秒は通常の画像の大きさでは固定されています。他の設定を自分達で選んで合計0.57秒の画像を一枚の静止画に表現するようにしていますが、0.57秒あれば通常の心拍数(40-120回/分)の時に全収縮期の画像を一枚の静止画に含めることが可能となり、本研究に適していると考え、0.57秒の画像が表示される設定を選びました。

【質問5】弁尖に器質的な疾患があつたりすると弁尖の動きと左室収縮に解離が起こりそうです。弁輪の移動を評価する方がより良いのではないですか？

【回答】この研究では、僧帽弁に器質的な病変のある症例は含まれていません。また、弁輪の移動は Tissue Locus Imaging では測定困難ですので、やはり弁尖の移動を見るのが良いと考えます。

【質問6】左室駆出率と僧帽弁尖の移動距離を比較していますが、他の心機能の指標、例えば Tei index と僧帽弁尖の移動距離の関連はどうですか？

【回答】Tei index は収縮能と拡張能を併せた総合的な心機能の指標です。左室駆出率は、収縮期に心筋がどれだけ動いたかという指標です。僧帽弁尖の移動距離は Tei index とも有意な相関がありそうですが、実際にはデータがなく、不明です。

【質問7】時間分解能や空間分解能は白黒モードとカラーモードで同じですか？実際の測定は白黒モードとカラーモードのどちらを用いたのですか？

【回答】比べてはませんが、理論的にも同じであり、画像から受ける印象も同じです。実際の測定はカラーモードの Tissue Locus Imaging で行いました。

【質問8】Tissue Locus Imaging で僧帽弁尖の移動距離を測定していますが、この測定の空間分解能はどれくらいですか？

【回答】心エコー画像の縦方向の空間分解能は良好で、0.3-0.4 mm くらいです。

【質問9】僧帽弁尖の長軸方向の移動距離が左室駆出率と非常に良い相関があります。短軸方向の M モードエコーによる左室短縮率は左室駆出率と比較的疎な関係しかありません。なぜ僧帽弁尖の長軸方向の移動距離が左室駆出率と非常に良い相関があるのですか？

【回答】短軸方向の M モードエコーによる左室短縮率は、左室のある2点間の距離の変化を表し、局所機能低下があるような場合には特に左室駆出率と解離が出現します。僧帽弁尖の長軸方向の移動距離も、ある2点間の距離の変化ですが、この移動距離は同時に僧帽弁輪全体の移動距離の平均に近く、左室全体の収縮を表す可能性があるため、このように良好な相関が得られたと考えられます。

【質問 10】僧帽弁尖の移動距離は前負荷や心拡大の影響を受けますか？

【回答】 前負荷が増大して左室が大きくなったり、収縮が亢進したりすると、僧帽弁尖の移動距離も増大すると考えられます。

【質問 11】Tissue Locus Imaging に関しては他にはどのような応用がされていますか？

【回答】 左室壁信号を追跡して、左室壁運動の解析に用いられたりしています。

【質問 12】弁輪の移動や弁尖の移動距離測定が実際の臨床に応用されていますか？

【回答】 特に心内膜が明瞭に見えない症例においては、臨床的にも有用性が高いと思われませんが、実際には臨床に盛んに用いられているとは言えません。

【質問 13】対象に正常例を入れたのはなぜですか？

【回答】 心機能低下例と正常例が含まれた方が、僧帽弁尖の移動距離と心機能の関係が良くわかると思ったからです。

【質問 14】心エコー画像の64階調未満の画像信号を捨てて64階調以上の画像信号のみを解析の対象にしていますが、なぜ64階調を選んだのでしょうか？

【回答】 僧帽弁尖と血液の分別が64階調のところまでできると考えてのことです。

【質問 15】心内膜の画像が不良な症例で有用であるということですが、実際に画像不良例が対象に含まれていますか？

【回答】 心内膜の画像が不良な症例で Tissue Locus Imaging による僧帽弁尖の移動距離が特に有用であろうと思われます。しかし、この研究では心エコーによる左室駆出率を求める必要がありますので、画像不良な症例は含まれていません。今後の検討課題と思います。

【質問 16】局所心機能低下のある群とそれのない群で、僧帽弁尖の移動距離と左室駆出率の関係は同じですか？

【回答】 検討した症例においては、同じ関係が得られました。症例数が増えると多少は異なる関係となる可能性はありますが、検討できた範囲内では同じ関係でした。

【質問 17】局所心機能低下のある群では、弁輪の移動距離は部位により大きく異なると思われます。弁尖の中央部は全ての弁輪の移動が平均化されたようになり、局所心機能低下のある症例でも左室駆出率と弁尖の移動距離は良く相関するのですか？

【回答】 そのように考えています。

【質問 18】特許はどのようになっていますか？

【回答】 この技術は東芝メディカル社のものであり、特許に関しても全て東芝メディカル社が管理しています。

【質問 19】この方法にはどのような限界があると予想されますか？

【回答】 Tissue Locus Imaging により測定した僧帽弁尖の収縮期移動距離は左室駆出率と良く相関する良い心機能の指標です。従って、その限界は左室駆出率の限界と同様であろうと思われます。例えば、僧帽弁逆流があると左室駆出率は見かけ上良くなりますが、僧帽弁尖の収縮期移動距離も見かけ上大きくなると思われます。

【質問 20】良い方法と思われますが、臨床応用が広く行われなかつたのはなぜだろうと考えますか？

【回答】 心内膜の画像不良例で検討されなかつたこと等がその理由として考えられると思われます。

以上の結果から、3名の審査委員は本人が大学院博士課程修了者と同等あるいはそれ以上の学力・識見を十分に有しているものと認め、博士(医学)の学位を与えるに足る資格を有するものと認定した。