

心臓超音波検査における精密な計測のための センサ情報の連携と分析

関根 大毅[†] 大和 淳司[†]
† 工学院大学 情報学部

三上 弾[†] 武井 康悦^{††}
†† 東京医科大学 医学科

1. はじめに

心臓超音波検査において、技師の技術力は重要項目である。我々は、技師の技術向上を効果的に支援することを目指している。そこで本研究では、技師の技術力という定性評価を定量化するために、定量評価の指標に、超音波を出すデバイス(プローブ)の姿勢の操作を用いることは可能か、分析する。

2. 目標

本研究の目標は、プローブの姿勢と計測値の精度との関係性を分析することである。

3. 方法

プローブの姿勢とは、オイラー角という姿勢表現を指す。プローブの姿勢の取得には、プローブに加速度センサを取り付けて行う。よって、図1のようなx軸、y軸、z軸のそれぞれの周りの回転を取得することができる。

計測値とは、3つの心機能指標を対象とする。左室拡張末期容積(LVEDV:left ventricular end-diastolic volume)、左室収縮末期容積(LVESV:left ventricular end-systolic volume)、左室駆出率(EF:ejection fraction)である。ここで、各容積は、Simpson法により算出したものとする。文献[1]によると、Simpson法は「直交する心尖部4腔断面と、心尖部2腔断面を用いて左室容積を求める。また、各断面間で長軸が5%以上異なる場合は、正確な計測とは言えない。」と記される。ここで、2断面間やその長軸の関係性により、断面を映すために操作するプローブの姿勢が、計測値に影響を及ぼすことが汲み取れる。また、容積は以下の式により求められる。円盤の体積の総和により、容積を近似している。

$$V = \frac{\pi}{4} \sum_{i=1}^n a_i b_i \frac{L}{n}$$

ここで、V:体積、n:分割数、L:長軸径、 a_i :短軸径(心尖部2腔断面)、 b_i :短軸径(心尖部4腔断面)である。

EF値は各末期容積を用いて以下のように求められる。

$$EF = \frac{(LVEDV - LVESV)}{LVEDV} \times 100$$

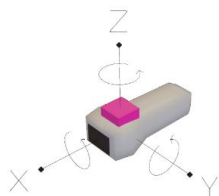


図1 3次元ベクトルの回転とプローブ

以上を踏まえ、本研究では、プローブの姿勢と計測値の精度との関係性を分析する。具体的には、実験1として、プローブ姿勢とEF値との関係を分析し、実験2としてプローブ姿勢と容積との関係を分析する。

4. 結果

初めに、熟練技師が心尖部4腔断面から心尖部2腔断面へ動かす際のプローブの動きを計測した。結果は、x軸周りには25度から50度、y軸周りには0度から5度、z軸周りには0度から10度であった。この結果は、断面間は直交するというモデルと大きく乖離していることが分かった。次に、プローブ姿勢とEF値との相関を回転軸毎に分析した。結果は、x軸周りは0.25、y軸周りは-0.59、z軸周りは-0.07であった。実験1の結果により、EF値に最も影響を与える角度は、y軸周りの回転という結果が得られた。

実験2ではx軸周りの回転を増やして見られる断面を心尖部2腔断面として、容積値と計測した。結果として、x軸周りの回転を増やすと、容積が小さくなる傾向が見られた。

5. 考察

x軸周りの回転が25度から50度である理由は、心尖部を映す第5肋間の幅がプローブの幅よりも短いことで、x軸周りに回せる量に限界があるためだと考える。また、綺麗な心尖部2腔断面を映すためには、胸骨側にビームを傾ける必要が生じるため、y軸、z軸周りにも変化が計測されたと考える。

x軸周りの回転とEF値との相関が低い原因は、EF値の計算式で角度変化に起因する体積変化が分母分子で相殺されるためであると考えられる。一方、y軸周りの回転については、左心室の長軸の計測値に影響を与えるため、EF値との相関が強いと考える。

x軸周りの回転を増やすことで、容積値が小さくなることには、映像から心臓壁が見つけにくいことの原因があると考える。

6. まとめ

これらの実験結果は、プローブの姿勢と、心機能指標の精度には、密接な関係があることを示唆している。したがって、技師の技術力の向上のために、プローブ姿勢のセンシング情報を利用することは効果的であると考えられる。

参考文献

- [1] Simpson(シンプソン)法<Simpson's method>, 循環器用語ハンドブック, <https://med.toaiyo.co.jp/>, 03, 2022