

東邦大学学術リポジトリ

Toho University Academic Repository

タイトル	Efficacy of fractal analysis for objective and quantitative evaluation of echocardiographic still images: A retrospective study
別タイトル	心臓超音波検査の客観的・定量的評価におけるフラクタル解析の有効性について:レトロスペクティブスタディ
作成者(著者)	竹内, 泰三
公開者	東邦大学
発行日	2023.03.14
掲載情報	東邦大学大学院医学研究科 博士論文 内容の要旨及び審査結果の要旨.
資料種別	学位論文
内容記述	主査: 池田隆徳 / タイトル: Efficacy of fractal analysis for objective and quantitative evaluation of echocardiographic still images: A retrospective study / 著者: Taizo Takeuchi, Fumiya Komatsu, Yoshihisa Urita, Jun ichi Yamazaki / 掲載誌: Toho Journal of Medicine / 巻号・発行年等: 8(4): 119-128, 2022 /
著者版フラグ	none
報告番号	32661甲第1055号
学位記番号	甲第727号
学位授与年月日	2023.03.14
学位授与機関	東邦大学
メタデータのURL	https://mylibrary.toho-u.ac.jp/webopac/TD22867923

博士學位論文

論文内容の要旨

および

論文審査の結果の要旨

東邦大学

竹内泰三より学位申請のため提出した論文の要旨

学位番号甲第 727 号

学位申請者 : 竹 内 泰 三

学位論文 : Efficacy of fractal analysis for objective and quantitative evaluation of echocardiographic still images: A retrospective study

(心臓超音波検査の客観的・定量的評価におけるフラクタル解析の有効性について:レトロスペクティブスタディ)

著 者 : Taizo Takeuchi, Fumiya Komatsu, Yoshihisa Urita, Jun-ichi Yamazaki

公 表 誌 : Toho Journal of Medicine

論文内容の要旨 :

背景・目的:

心エコーを用いて心臓の種々の機能評価が行われているが、静止画像から心筋傷害の程度の定量化はなされていない。画像の定量化には様々な方法があるが、生体構造を理解しようとしたとき、自己相似性が特徴としてあげられ、その特徴からフラクタル解析が可能とされている。フラクタル解析は、計測指標としてフラクタル次元を用いて形態を解析する手法であり、著者らは生体に応用できると考えた。フラクタル次元は複雑さを定量的に表す指標であり、自己相似性という特徴から拡大率に左右されず、マクロの画像からミクロの病理組織像まで対象とすることができる。病情的変化がマクロでの複雑さの変化を次元の変化として捉えることで、組織損傷および機能障害の程度を推定できると考える。心エコー検査は、動画を解析することにより、形態的变化と心機能を同時に評価することが可能である。左室駆出率 (LVEF) は、左室拡張末期容積に対する左室一回拍出量の比率で表される。心エコー図は心臓のリアルタイム画像であるため、心臓の機能を知る上で有用である。しかし、心筋の障害部位は心エコーで観察される低運動部位と必ずしも同じではない。さらに、心臓カテーテル検査や核医学検査などの侵襲的な検査を追加しなければ、心筋壁の障害部位を評価することは困難である。そのため、非侵襲的に評価することが出来る方法として、フラクタル解析による定量化を検討した。超音波画像から算出されるフラクタル次元が心臓病において変動すると仮定し、心筋の超音波画像の定量的評価へのフラクタル解析の適用を検討した。

対象・方法:

2003年1月から2020年12月の間に東邦大学医療センター大森病院で心エコー検査を受けた1,000例をこのレトロスペクティブ研究の対象とした。参加者は正常群と疾患群に分類された。疾患は左室駆出率(LVEF)55%未満とした。LVEF低下の原因としては、虚血性心疾患、心筋症、心臓弁膜症、不整脈、または原因不明が挙げられた。フラクタル次元は、Mモードで取得された心エコー画像から算出された。フラクタル次元を測定する領域は収縮期、拡張期の心室中隔または後壁とした。フラクタル解析はボックスカウンティング法を用いて行った。

結果:

正常群の心臓において、収縮期と拡張期のフラクタル次元を比較した。心室中隔アウトラインモードのフラクタル次元は収縮期で1.425 [1.362-1.476]、拡張期で1.410 [1.343 -1.475] ($p=0.029$)、後壁アウトラインモードのフラクタル次元は収縮期で1.445 [1.369 -1.494]、拡張期で1.414 [1.356 -1.467] ($p < 0.001$)であり、ともに収縮期アウトラインモードで有意に上昇した。しかし、正常群と疾患群のフラクタル次元を収縮期で比べた場合、心室中隔では正常群:1.425 [1.361-1.475]、疾患群:1.407 [1.343-1.460] ($p < 0.01$)、後壁では正常群:1.444 [1.369-1.494]、疾患群:1.416 [1.356-1.474] ($p < 0.01$)であり、ともに疾患群の収縮期アウトラインモードでフラクタル次元は有意に減少した。また、拡張期においては、心室中隔のフラクタル次元は拡張期アウトラインモードで疾患群において有意に大きかった。また、健常者の心臓において、年齢や性別におけるフラクタル次元に関して解析を行ったが、有意差は認めなかった。さらに原因疾患別にフラクタル解析を行った。虚血性心疾患では心室中隔における拡張期アウトラインモードで有意な上昇を認めたが、その他のグループでは明らかな有意差は認めなかった。

考察:

本研究では、正常群と疾患群でフラクタル次元に有意な変化を認めた。このことにより、心臓疾患において、心筋の病理学的変化をフラクタル解析がとらえていると考える。フラクタル次元は組織に病理学的変化が生じると反映され、フラクタル次元が上昇する場合は組織の密度が上昇したことを示唆する。例えば悪性組織の場合、癌細胞の浸潤などにより、フラクタル次元が上昇する。今回の結果から、正常の心臓では収縮期と拡張期を比べると、収縮期でフラクタル次元が上昇した。これは正常の心臓では拡張状態に比べ、収縮した際に組織が集合し、密になるためフラクタル次元が上昇したためであると考えた。一方、疾患群では収縮機能が低下しているため、収縮した際に正常の心臓に比べて、組織がうまく集合できず、密にならなかったためと考える。また、正常群の心臓に関して、年齢や性別におけるフラクタル次元の解析では有意な変化を認めなかったため、フラクタル次元の変化は心疾患による影響と考える。

結論:

心エコー画像のフラクタル解析は、心筋障害の定量的評価に有用であると考えられる。この静止画を用いた非侵襲的な方法は、臨床の場で容易に適用可能である。

1. 学位審査の要旨および担当者

学位番号甲第 727 号	氏 名	竹 内 泰 三
学位審査担当者	主 査	池 田 隆 徳
	副 査	諸 井 雅 男
	副 査	藤 井 毅 郎
	副 査	内 藤 篤 彦
	副 査	中 村 正 人

学位論文の審査結果の要旨 :

心臓の形態・機能の評価法として、現在では心エコーがゴールドスタンダードな検査法となっている。主に動的画像を用いて様々な計測が行われており、内科・循環器診療において必須となっている。フラクタル次元を用いて形態を解析する手法として、フラクタル解析がある。本解析の特徴は、自己相似性を有することで標的とする物体のサイズに左右されず、かつ複雑な事象を定量化して表すことが可能なことである。申請者らは、心エコーの静止画像をフラクタル解析で定量化することで、心筋傷害の程度を把握することが可能との仮説を立て、その検証を行った。

対象患者は、2003年から2020年の間に心エコー検査を受けた1,000例であり、レトロスペクティブに評価された。患者は正常群と疾患群に分類され、疾患の定義は左室駆出率 (LVEF) 55%未満とされた。LVEF 低下の原因として、虚血性心疾患、心筋症、心臓弁膜症、不整脈などが含まれた。フラクタル次元は心エコーの静止画像である M モードから得られ、領域として収縮期・拡張期の心室中隔と左室後壁が選択された。結果として、正常群の心室中隔のフラクタル次元は収縮期と拡張期でそれぞれ 1.425 と 1.410 ($p=0.029$)、左室後壁においては収縮期と拡張期でそれぞれ 1.445 と 1.414 ($p < 0.001$) であり、収縮期で有意に高かった。正常群と疾患群のフラクタル次元を収縮期で比べた場合、心室中隔においては正常群で 1.425、疾患群で 1.407 ($p < 0.01$)、左室後壁においては正常群で 1.444、疾患群で 1.416 ($p < 0.01$) であり、ともに疾患群で有意に低かった。拡張期アウトラインモードでの比較では、心室中隔において疾患群で有意に高かった。健常者の心臓において、フラクタル次元による解析を行ったが、有意差は認めなかった。原因疾患別にフラクタル解析を行ったところ、虚血性心疾患では心室中隔における拡張期で有意な上昇を認めたが、その他の疾患では明らかな有意差は認めなかった。以上のことから、申請者らは心エコーの静止画像から得られたデータを用いたフラクタル解析は、心臓疾患における心筋の病理学的変化を定量的評価することにおいて有用であると結論づけた。

2022年10月25日に開催された学位審査会において、研究要旨をプレゼンテーションした後、内容について活発な質疑応答がなされた。フラクタル解析の再現性、患者選択の妥当性、疾患別に分けたことの意義、作成された図の解釈、心エコー上の計測値の定義、本研究の今後の発展性などについての様々な質問が、主査および副査から申請者に投げかけられた。それらすべての質問事項に対して、申請者は適切に返答した。心エコー静止画像のフラクタル次元で得られたデータを正常群と疾患群で分けて評価した本研究は、心筋傷害を非侵襲的に評価する方法としてのフラクタル解析の有用性を示した臨床的に意義の高いものであり、学位に値するとの結論に達し、学位審査会を終了した。