HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	心臓CTに対する新たな画像処理技術適応による診断能向上に関する検討［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	常田, 慧徳
Description	配架番号：2649
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医学)
Dissertation Number	甲第14701号
Issue Date	2021-09-24
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/83020
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Satonori_Tsuneta_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称　博士（医　学）　氏 名　常田　慧徳

学 位 論 文 題 名

心臓 CT に対する新たな画像処理技術適応による診断能向上に関する検討
(Studies on novel post processing technique for improvement of diagnostic ability of cardiac computed tomography)

【全体の緒言】心臓 CT は冠動脈評価で既に確立されているが、ダイナミック心筋 CT 灌流画像や遅延造影 CT では画質不良により診断能や再現性が低いという問題点がある。これらを打開するためには画質を改善するアプローチと画像による新規指標を開拓するアプローチの２つが考えられる。第一章では、ダイナミック心筋 CT 灌流画像画像における画質改善として、新たな画像ノイズ低減フィルターである four dimensional similarity filter（4DSF）を追加することによる定性的・定量的な画質と診断能への影響を検討する。第二章では、遅延造影 CT における新規指標の開拓として、非虚血性心筋症において心臓サルコイドーシス（CS）と心臓サルコイドーシス以外の心臓疾患（non-CS）との診断能と再現性を従来の視覚的評価と新たなテクスチャ解析法による客観指標とで比較する。
〇第一章【対象と方法】2015 年 4 月～2017 年 3 月に当院でダイナミック心筋 CT 灌流画像を撮像した 35 例を後方視的に検討、冠動脈バイパス術後の 3 例を除外した 32 例を対象とした。CT 灌流画像において 4DSF を適応したデータを 4DSF あり群、適応していないデータをなし群とした。定性的な画質は、心筋の均一性、内腔と心筋の境界の明瞭性、アーチファクトの 3 項目を 2 名が独立して 3 段階（3:良好～1:不良）で評価した。定量的な画質や心筋虚血の有無の診断能は MR 灌流画像が行われた 7 例を対象とし、心筋虚血の有無のゴールドスタンダードは負荷時 MR 灌流画像での視覚的な心筋虚血の有無とした。定量的な画質は米国心臓協会の 16 セグメントに設定した ROI 内の吸収値において、標準偏差（画像ノイズ）、平均と標準偏差の比（signal-to-noise ratio；SNR）、正常・虚血心筋の差と標準偏差の比（contrast-to-noise ratio；CNR）を算出した。心筋虚血の有無の診断能は、視覚的には評価者 2 名が独立して評価し、定量的には負荷時心筋血流量や心筋血流予備能から ROC 曲線を用いて評価した。
【結果】定性的な画質スコアは、心筋の均一性（評価者 1 で 2.8±0.4 点 vs. 1.8±0.7 点、評価者 2 で 3.0±0.2 点 vs. 1.7±0.5 点，各 $p<0.0001$）、内腔と心筋の境界の明瞭性（評価者 1 で 2.9±0.4 点 vs. 2.6±0.6 点，$p=0.022$、評価者 2 で 3.0±0.0 点 vs. 2.8±0.4 点，$p=0.0096$）、アーチファクト（評価者 1 で 2.9±0.2 点 vs. 1.8±0.6 点、評価者 2 で 2.8±0.5 点 vs. 1.3±0.5 点，各 $p<0.0001$）のいずれも有意に改善した（各平均±標準偏差)。定量的には 4DSF により画像ノイズが有意に減少し（33.5±0.4 vs.13.8±0.4）、SNR（4.4±0.2vs.10.3±0.2）と CNR（1.6±0.2 vs.3.7±0.2）が有意に向上したが（各平均±標準偏差、各 $p<0.0001$）、正常・虚血心筋の吸収値差は減少する傾

向にあった（53.7（34.8-63.4）vs. 59.7（28.0-63.0），p=0.81、中央値(四分位範囲)）。視覚的な心筋虚血の有無の診断能は、評価者１が 4DSF ありで感度 0.81、特異度 0.66、4DSF なしで感度 0.73、特異度 0.89、評価者２が 4DSF ありで感度 0.81、特異度 0.66、4DSF なしで感度 0.88、特異度 0.68 であり、4DSF の有無で有意差はなかった（各 p=0.24、p=0.39）。定量的な心筋虚血の有無の診断能は、負荷時心筋血流量では 4DSF ありで感度 0.75、特異度 0.68、AUC 0.73、4DSF なしで感度 0.81、特異度 0.68、AUC 0.74、心筋血流予備能では 4DSF ありで感度 0.52、特異度 0.82、AUC 0.71、4DSF なしで感度 0.83、特異度 0.61、AUC 0.74 と有意差はなかった（各 p=0.72、p=0.33）。

【考察】4DSF は定性的・定量的な画質を有意に改善させたが、心筋虚血の有無の診断能は改善せず、4DSF により虚血心筋と正常心筋の吸収値差が減少したことが原因と考えられた。

○第二章【対象と方法】2015 年 4 月～2018 年 9 月に当院で非虚血性心筋症が疑われ、遅延造影 CT を撮像した 73 例を後方視的に検討した。植込み型心臓電気デバイス留置後の 32 例と遅延造影のない 6 例を除外し、CS 20 例、non-CS 15 例を対象とした。遅延造影 CT は左室短軸像で評価し、CS 診断のゴールドスタンダードは日本循環器学会のガイドラインとした。視覚的な CS と non-CS の診断能は 2 名の評価者が独立して評価した。テクスチャ解析は、左室心筋の輪郭を抽出して作成したポーラーマップに対して実施した（36 項目）。クラスタリングによって特徴量を抽出し、CS と non-CS での二群比較を行い、ROC 曲線を用いて CS と non-CS との診断能を評価した。

【結果】視覚的な診断能は、評価者 1 は感度 0.70、特異度 0.53、評価者 2 は感度 0.90、特異度 0.13 で、検者間一致率は不良であった（κ=0.19）。クラスタリングで 7 つの特徴量が抽出され、うち run length non-uniformity（RLNU）は CS 群で有意に高く（$15.4\times10^{2}\pm6.2\times10^{2}$ vs. $11.2\times10^{2}\pm4.9\times10^{2}$、p=0.037）、low gray-level zone emphasis（LGZE）は CS 群で有意に低かった（$7.1\times10^{-3}\pm8.6\times10^{-3}$ vs. $18.1\times10^{-3}\pm16.9\times10^{-3}$、p=0.017）（各平均±標準偏差）。CS と non-CS との診断能は、RLNU で感度 0.75、特異度 0.60、AUC 0.70、LGZE で感度 0.90、特異度 0.47、AUC 0.68 であった。検者内・検者間一致率はいずれも良好であった（検者内：RLNU＝0.95、LGZE＝0.91。検者間：RLNU = 0.90、LGZE = 0.90）。視覚的評価とテクスチャ解析とで CS と non-CS との診断能に有意差はなかった（RLNU：vs.評価者１で p＝0.53、vs.評価者２で p＝0.34、LGZE：vs.評価者１で p＝0.37、vs.評価者２で p＝0.058）。

【考察】テクスチャ解析への画像取得方法の影響を避けるため、ポーラーマップを作成して異常心筋の分布に着目した。視覚的評価の再現性が低かったのに対し、テクスチャ解析は高い再現性を有していた。本手法が異なる装置や施設でも有用か検討する必要がある。

【全体の結論】ダイナミック心筋 CT 灌流画像において、4DSF は視覚的・定量的な画質を有意に改善させたが、心筋虚血の有無の診断能の改善は得られなかった。一方で、遅延造影 CT における CS と non-CS との診断において、視覚的診断の再現性が低かったのに対し、テクスチャ解析による診断は高い再現性を示しており、テクスチャ解析は客観的な診断指標として今後活用できる可能性がある。