

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：15401
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2021～2023
課題番号：21K08127
研究課題名（和文）深層学習とマルチトレーサーを活用した心外膜下脂肪の次世代病態イメージングの開発

研究課題名（英文）Development of next-generation imaging for assessing the pathophysiology of epicardial adipose tissue using deep learning and multi-tracer

研究代表者
北川 知郎（Kitagawa, Toshiro）

広島大学・医系科学研究科（医）・講師

研究者番号：70633709
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：心臓手術前のCT画像解析と術中に採取した心外膜下脂肪組織(EAT)の組織学的解析を通し、EATにおける炎症、石灰化基質の発現が大動脈弁石灰化に関わっていること、EATの分子生物学的変性の臨床的サロゲートとしてCT値を用いたイメージングマーカーが活用できる可能性を見出した。
一方、PET用パイオトレーサー¹⁸F-フッ化ナトリウム(¹⁸F-NaF)の冠動脈プラークにおける集積が冠動脈イベントの予測指標として有用であることを示し、冠動脈プラークのNaF信号が近傍EATのCT値上昇（炎症亢進）と相関することから、CTとPETを用いた新たな病態イメージング評価法の構築に繋がる知見を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、心外膜下脂肪組織(EAT)における炎症や石灰化という性質が大動脈弁石灰化の進展に密接に関わっており、大動脈弁狭窄症などの大動脈弁疾患の進展にEATが関与している可能性を示した。また、そのようなEATの病的な性質を知るための臨床指標として、CT値を用いたイメージングマーカーが活用できる可能性を示した。さらに、新たな試薬によるPET検査が重大な冠動脈疾患の予測に有用である可能性を示し、CTとPETを組み合わせた新たな循環器画像検査法を提唱した。

研究成果の概要（英文）：Through the analyses of computed tomography (CT) images acquired prior to surgery and epicardial adipose tissue (EAT) obtained during cardiac surgery, we have demonstrated that inflammation and osteogenesis in EAT are associated with the progression of aortic valve calcification, and that CT density can be utilized as an imaging marker to reflect such biological characteristics of EAT. We have demonstrated that ¹⁸F sodium fluoride (NaF) uptake in coronary atherosclerotic lesions is a useful predictor of coronary events. We have shown previously that high CT density of EAT surrounding coronary atherosclerotic lesions is associated with greater ¹⁸F-NaF uptake, thus our current results suggest the promising potential of the new imaging strategy using CT and ¹⁸F-NaF PET.

研究分野：循環器内科学

キーワード：心外膜下脂肪 イメージング

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

【心外膜下脂肪(epicardial adipose tissue: EAT)の病的意義と評価法】

我々を含めた多くの研究グループから、CT、エコー等により計測した EAT 容量や厚みが、冠動脈石灰化スコアやプラーク脆弱性と関連することが報告されている (*Int J Cardiol* 2012; *Atherosclerosis* 2014; *Circ J* 2015)。しかし、多種多様な患者群での検討では、EAT 容量は冠動脈疾患の有無や重症度と相関しないという報告もある (*Circ Cardiovasc Imaging* 2015;8:e002676)。画像による EAT の形態的定量は臨床的病態とある程度の相関性を有すると思われるが、個別化医療という観点からは診断ツールとして十分とは言えない。EAT の悪玉内臓脂肪としての病原性を解明するため、組織学的、分子生物学的解析が世界各地で行われており、本邦では Hirata らが EAT におけるマクロファージ浸潤及び炎症性サイトカイン発現と冠動脈硬化症との関連性を報告している (*J Am Coll Cardiol* 2011;58:248-255)。我々も同様に、EAT の炎症や微小血管新生、サイトカイン発現と CT 画像により評価した冠動脈硬化症との関連性を見出しており (*Atherosclerosis* 2015; *Heart Vessels* 2018; *J Atheroscler Thromb* 2018)、EAT がもたらす心臓周囲からの病的意義についてエビデンスが蓄積されつつある。一方、EAT の質的イメージングに関しては、EAT の炎症に伴う浮腫 (aqueous condition) が CT 値を上昇させること (*Sci Transl Med* 2017;9:eaal2658)、冠動脈周囲の EAT の CT 値上昇が冠危険因子を凌駕する予後規定因子となることが報告されている (*Lancet* 2018;392:929-39)。また、¹⁸F-フルオロデオキシグルコース (FDG) PET を用いた検討として、冠動脈周囲の EAT における ¹⁸F-FDG 集積が冠攣縮性狭心症患者で亢進していると報告されている (*J Am Coll Cardiol* 2018;71:414-425)。しかしながら、これまでの EAT の組織学的、分子生物学的解析に基づく性状を十分に反映した手法は確立していない。

【新たな病態イメージングの応用】

次世代イメージングと位置付けられる分子イメージングであるが、循環器領域における取り組みは臨床、研究ともに十分ではない。¹⁸F-FDG PET による血管壁の炎症評価は冠動脈に対しても試みがあるが (*JACC Cardiovasc Imaging* 2010;3:388-397, *JACC Cardiovasc Imaging* 2013;6:1172-1182)、実臨床において ¹⁸F-FDG PET を冠動脈硬化症の評価に用いる戦略は定着していない。その理由としては、¹⁸F-FDG の心筋への生理的集積が冠動脈診断能を低下させることに加え、心電図同期撮像を使用しても、冠動脈病変の局在を同定するのに十分な画像解像度が得られにくいことが挙げられる。従って、冠動脈、心臓弁膜等の心臓構造物、心臓周囲の EAT の性状評価に高い特異性を発揮するバイオトレーサーの導入、さらに画像解像度の改善やノイズ低減等による画質向上が、循環器分子イメージング発展の鍵となる。深層学習モデルの Deep convolutional neural network (DCNN) は画像解析において高い性能を発揮し、我々も冠動脈 CT や腹部高分解能 CT の画像構築に有用であることを報告している (*Eur Radiol* 2019;29:6163-6171, *Eur Radiol* 2019;29:5322-5329)。しかし、冠動脈、心臓弁膜、EAT を含めた心臓の包括的画像診断に DCNN を適用した試みは報告がない。

2. 研究の目的

- 心臓周囲に局在す EAT の病原性に関する分子生物学的解析を遂行し、それを in vivo で視覚化するため、深層学習アルゴリズム、PET 用マルチバイオトレーサーを活用した革新的画像マーカーの確立を目指す。
- 冠動脈、心臓弁膜、EAT の包括的な心臓画像診断による、新規のリスク層別化戦略を構築し、その臨床的意義を検証する。
- 形態的、機能的評価が主体の冠動脈疾患および弁膜症画像診断に EAT の性状評価を含めた分子生物学アプローチを導入し、循環器領域分子イメージングの発展と活用を図る。

3. 研究の方法

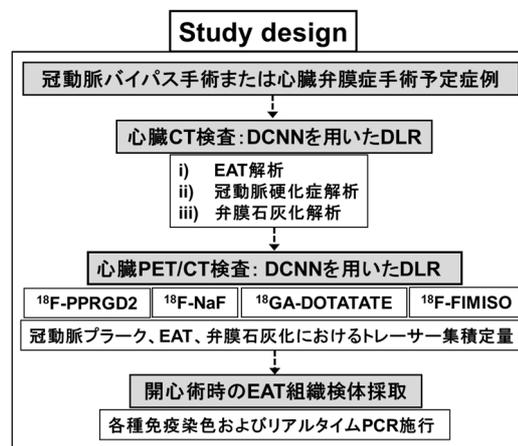
1. 症例登録

- i) 冠動脈バイパス術または心臓弁膜症手術予定患者 (年齢 30 歳以上、重篤な心不全・ショック状態でなく、意思疎通可能である症例) を対象とし、患者背景をデータベース化する。
- ii) 患者データ: 年齢、性別、BMI、腹囲、身体所見、冠危険因子、心血管病既往歴、服薬状況、心電図、血液検査所見 (脂質、HbA1c、腎機能、hs-CRP、adiponectin など)
- iii) 最終登録数は 200 症例を予定している。

2. 心臓 CT

画像ノイズおよびアーチファクトを軽減して画質を向上させる再構成法として、DCNN を活用した deep learning-based image restoration (DLR) により画像構築を行う。以下は解析項目。

- i) EAT 解析: 定量 (左冠動脈主幹部 1cm 上から心尖部までの脂肪量) と性状評価 (冠動脈プラーク周囲脂肪の CT 値)



- ii) 冠動脈硬化症解析：Agatston 法による冠動脈石灰化スコア、冠動脈 18 segments における狭窄率、プラーク（石灰化、非石灰化、混合性プラーク）の有無と性状評価（最小 CT 値、remodeling index、spotty calcification、napkin-ring sign）
- iii) 弁膜石灰化解析：大動脈弁、僧帽弁の石灰化病変の有無と定量（石灰化スコア、CT 値、volume）

3. 心臓 PET/CT

マルチバイオトレーサーを用いた心臓 PET/CT を施行する。PET/CT の画像再構成にも DCNN を用いた DLR アルゴリズムを適用し、より正確、精密な image fusion を試みる。

- i) マルチバイオトレーサー： ^{18}F -FDG の他、 ^{18}F -FPPRGD2、 ^{18}F -フッ化ナトリウム、 ^{68}Ga -DOTATATE、 ^{18}F -フルオロミソニダゾールの精製および検証を予定する。
- ii) 信号解析：PET/CT fusion 画像を用い、冠動脈プラーク検出部位と周囲 EAT、弁膜石灰化病変の各部における最大 PET 信号強度(maximum standardized uptake value: SUV_{max})及び灌流血液信号で標準化した指標(maximum tissue/background ratio: TBR_{max})を測定する。

4. EAT 組織検体の解析

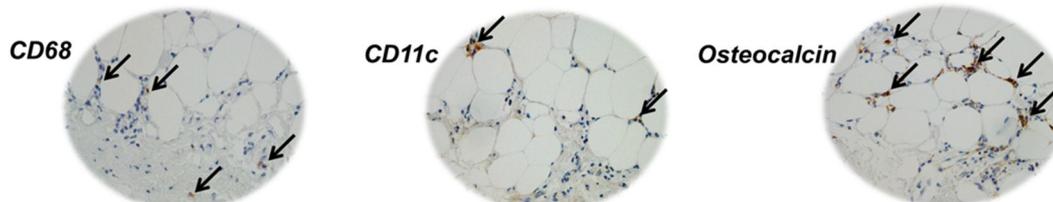
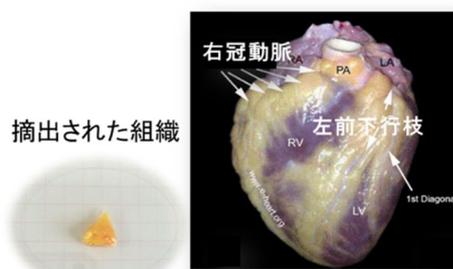
開心術時、左前下行枝近傍と右冠動脈近傍から EAT を採取し、以下の解析を行う。

- i) 免疫染色：CD68、CD11c、CD206、CD31、VEGF-R、抗 $\alpha_v\beta_3$ 抗体、抗オステオカルシン抗体、抗 HIF1- α 抗体の各種抗体を用いる。顕微鏡下での細胞数カウントまたは解析ソフトを用いた染色領域比率により定量する。染色性が不良な場合、ELISA 法の追加施行を考慮する。
- ii) リアルタイム PCR 法：各種炎症性サイトカイン(IL-1 β , IL-6, TNF- α , MCP-1)の発現レベルを測定する。定量は $\Delta\Delta\text{Ct}$ 法により行う。

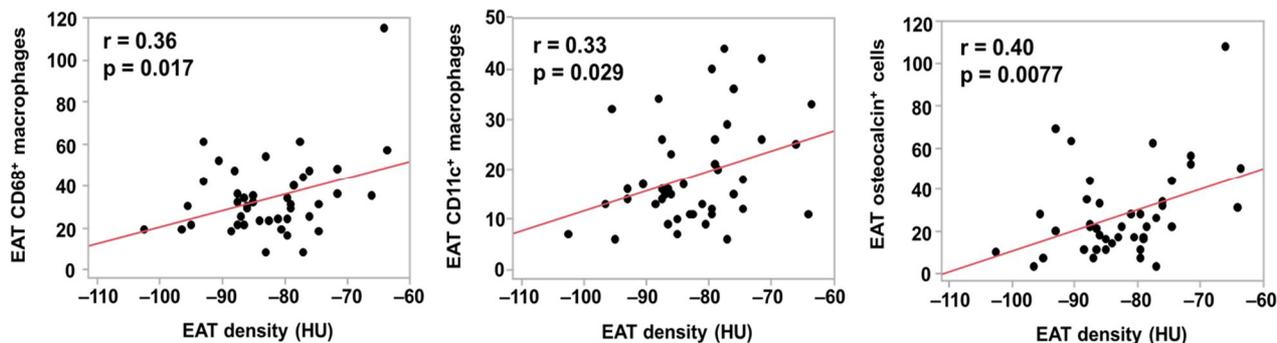
4. 研究成果

【EAT の組織学的解析に関する成果】

EAT の臨床画像および免疫組織学的所見と大動脈弁疾患の原因となる大動脈弁変性との関連について検討を進め、以下の知見を得た。対象は、術前の心臓 CT において大動脈弁石灰化(aortic valve calcification, AVC)が検出され、心臓弁膜症もしくは冠動脈バイパス術が施行された 43 症例（平均年齢 74 歳、男性 31 症例）。全例において上記の心臓 CT 画像解析、術中の脂肪組織検体採取が施行された。病理組織学的な評価として、EAT および皮下脂肪の免疫染色により、CD68 陽性マクロファージ(pan-macrophage)と CD11c 陽性マクロファージ(pro-inflammatory macrophage)、さらに脂肪組織における石灰化基質の発現指標としてオステオカルシン陽性細胞の数を、顕微鏡の高倍率(400 \times)視野下でランダムにそれぞれ 3 回ずつ測定し、その合計値を各症例で算出した(右、下図)。

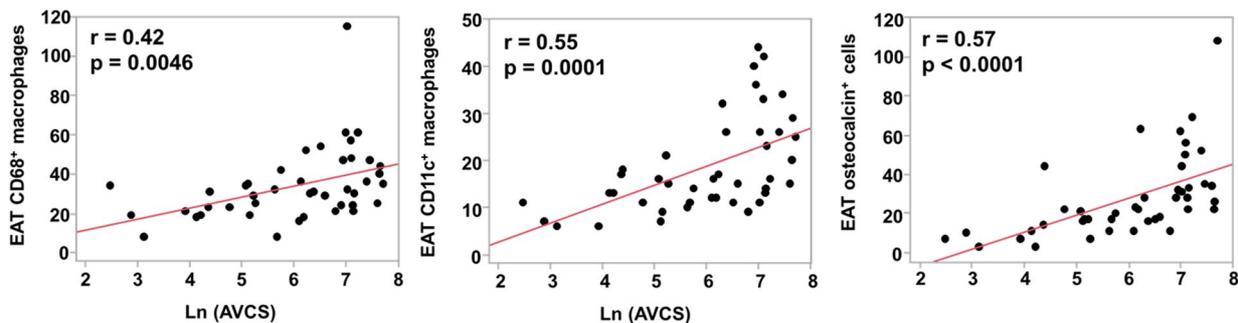


CT 画像における症例毎の EAT 量は $108 \pm 40\text{ml}$ 、EAT 量を体表面積により標準化した指標(EAT index, EATI)は $66 \pm 22\text{ ml/m}^2$ 、EAT 性状(EAT density)は $-82 \pm 8\text{ HU}$ であった。EAT 免疫染色における CD68 陽性マクロファージ、CD11c 陽性マクロファージ、オステオカルシン陽性細胞は、症例毎にそれぞれ 34 ± 18 、 19 ± 10 、 28 ± 21 と算出され、いずれも対照組織としての皮下脂肪における細胞数(9 ± 5 、 5 ± 4 、 3 ± 3)より有意に多かった。EAT のオステオカルシン陽性細胞数は CD68 陽性マクロファージ数($r = 0.44$, $p = 0.0029$)、CD11c 陽性マクロファージ数($r = 0.54$, $p = 0.0002$)と正の相関を認めた。EATI は病理組織学的特徴と相関がなかったが、一方で EAT density はいずれの細胞数とも正の相関を認めた(下図)。

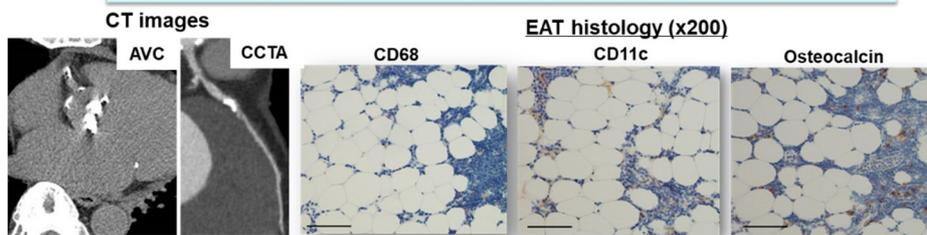


AVC 石灰化スコア(AVC score, AVCS)は中央値 550 (四分位範囲 164-1212)であり、正規分布処理のため log 変換した Ln (AVCS)を解析に使用した。Ln (AVCS)と EATI の相関性は有意に至らなかったが($r=0.28, p=0.066$)、Ln (AVCS)と EAT density には正の相関を認められた($r=0.38, p=0.012$)。年齢、性別、冠動脈石灰化スコア、EATI、冠動脈有意狭窄の有無、冠動脈ハイリスクプラーク(低 CT 値および陽性リモデリング)の有無などで補正した多変量解析において、Ln (AVCS)は EAT density 上昇と有意に関連していた($\beta = 0.42; p = 0.0072$)。

Ln (AVCS)は EAT の CD68 陽性マクロファージ数、CD11c 陽性マクロファージ数、オステオカルシン陽性細胞数のいずれとも正の相関を認められた(下図)。年齢、性別、冠動脈石灰化スコア、EATI、冠動脈有意狭窄の有無、冠動脈ハイリスクプラークの有無などで補正した多変量解析において、Ln (AVCS)は EAT の CD68 陽性マクロファージ数($\beta = 0.57; p = 0.0022$)、CD11c 陽性マクロファージ数($\beta = 0.62; p = 0.0003$)、オステオカルシン陽性細胞数($\beta = 0.52; p = 0.0021$)の増加と有意に関連していた。



症例 1 (81歳、男性): AVCスコア **2238**, 冠動脈石灰化スコア 928



本研究結果は、EAT における炎症、石灰化基質の発現が大動脈弁石灰化の進展に密接に関わっており、大動脈弁狭窄症等の大動脈弁疾患に対する EAT の病的意義を示唆する新たな知見である。さらに、そのような EAT の分子生物学的変性の臨床的サロゲートとして、CT 値を用いたイメージングマーカーが活用できる可能性を示している点で意義深いと考えられた。本研究結果は英論文として最近受理され、発表予定である(*Circ J* 2024 *in press*)。

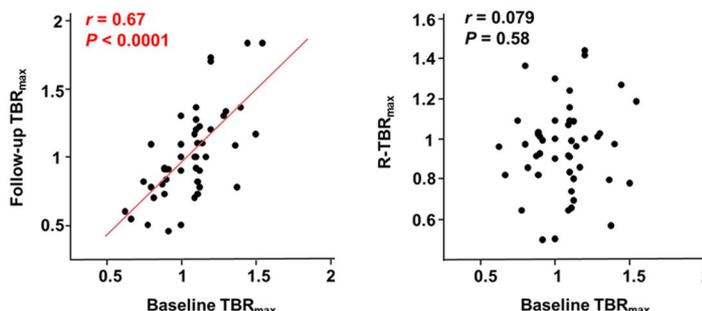
【循環器イメージングに関する成果】

本研究に適用したイメージングモダリティに関していくつかの成果を得た。

以前から進めていた ^{18}F -フッ化ナトリウム(^{18}F -NaF)を用いた PET データの解析を行い、いくつかの論文報告に至った。

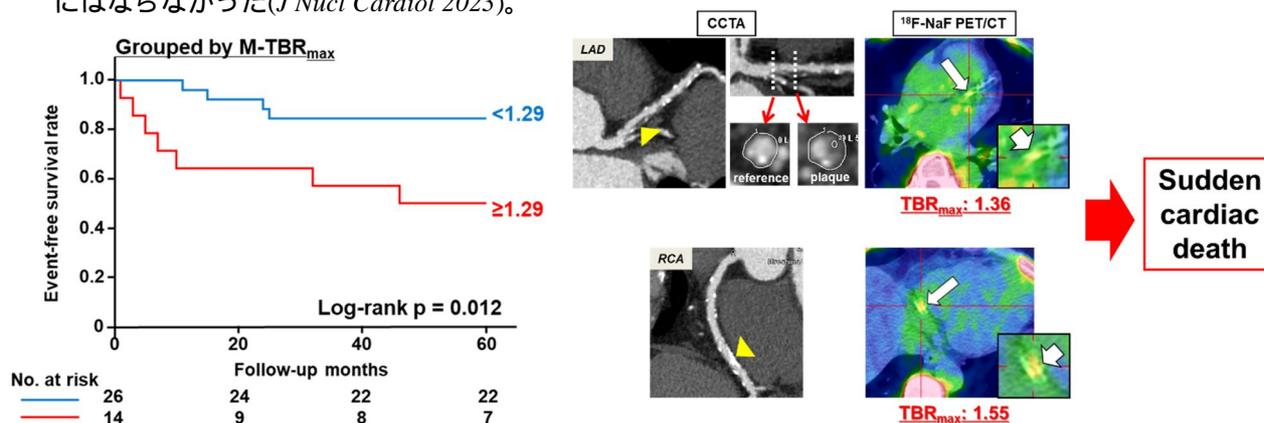
冠動脈 CT においてプラークが検出され、3 年以上の間隔で 2 回 NaF PET 検査が施行された 15 症例 (51 病変)を対象とし、冠動脈プラークの ^{18}F -NaF 集積の経時的変化について検討した。CT 画像ではそれぞれのプラーク病変の狭窄率と性状評価を行い、最小 CT 値 < 30HU および remodeling index > 1.1 を満たすプラークをハイリスクと定義した。PET 画像ではそれぞれのプラークにおける ^{18}F -NaF 信号(TBR_{max})を測定し、 TBR_{max} のベースラインに対するフォローアップ測定値の比率($\text{R-TBR}_{\text{max}}$)を算出した。ベースライン TBR_{max} とフォローアップ TBR_{max} は正の相関を呈する一方、ベースライン TBR_{max} は $\text{R-TBR}_{\text{max}}$ に影響しなかった(右図)。さらに、年齢、性別、冠動脈リスクファクター、スタチン内服や急性冠症候群既往の有無、冠動脈 CT 所見等で補正した多変量解析において、糖尿病既往が $\text{R-TBR}_{\text{max}}$ の増加と有意に関連していた($\beta = 0.40, p = 0.003$)。

本研究により、ベースラインにおいて亢進している冠動脈プラークの ^{18}F -NaF 集積は 2 回目の撮像でも継続する傾向を有し、 ^{18}F -NaF 集積を経時的に促進する因子として糖尿病が有意に作用している可能性が示唆された(*J Nucl Cardiol* 2023)。我々は以前に、冠動脈プラークの ^{18}F -NaF 集積



積が近傍 EAT の CT 値上昇（炎症亢進を示唆）と相関していることを報告しており(*Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2020)、本研究結果は CT と ^{18}F -NaF PET による包括的な EAT 病態イメージングの構築に繋がる知見と考えられた。

さらに、 ^{18}F -NaF PET の長期予後における有用性について解析を行った。 ^{18}F -NaF PET が施行された 40 症例（142 病変）を対象として、PET 撮像後 5 年間に於ける主要冠動脈イベント（心臓死、非致死性心筋梗塞、不安定狭心症、PET 撮像後 6 か月以降の冠動脈血行再建術）をエンドポイントとして追跡調査を行った。冠動脈 CT にて検出されたそれぞれのプラークにおける ^{18}F -NaF 信号(TBR_{max})に加え、各患者あたりの最大 TBR_{max} ($\text{M-TBR}_{\text{max}}$)を決定し、患者ベースの解析指標とした。イベント有り群(11 症例、49 病変)とイベント無し群の病変ベースの比較において、冠動脈 CT 上の有意狭窄、ハイリスクプラークの割合は同等であったが、 TBR_{max} はイベント有り群において有意に高値であった(1.15 ± 0.27 vs. 1.02 ± 0.20 , $p = 0.0022$)。患者ベースの比較でも、冠動脈 CT 上の有意狭窄、ハイリスクプラークの割合に有意差はなかったが、 $\text{M-TBR}_{\text{max}}$ はイベント有り群において有意に高値であった(1.40 ± 0.19 vs. 1.18 ± 0.18 , $p = 0.0011$)。イベントを予測する $\text{M-TBR}_{\text{max}}$ の最適カットオフは 1.29 であり、 $\text{M-TBR}_{\text{max}} \geq 1.29$ 群では有意に長期イベント発生率が高かったが(下図)、冠動脈有意狭窄やハイリスクプラーク(HRP)の存在はイベント発生予測指標にはならなかった(*J Nucl Cardiol* 2023)。



本研究結果により、EAT の CT 値と相関する冠動脈プラークの ^{18}F -NaF 集積が冠動脈イベント予測指標として優れていること、CT 画像による EAT、冠動脈の解析と ^{18}F -NaF PET の連携が臨床的に有用であること、が示唆された。

また、直接的に EAT 解析を行った研究ではないが、心臓 MRI T1 mapping を活用した心筋症評価に関して、心筋 native T1 値が将来的な心機能改善、主要心血管イベント（心臓死、致死性心室性不整脈、心不全入院）を予測する有用な指標となることを発表した(*Int Hear J* 2022)。他にも、本研究費の一部支援のもと、心筋虚血診断のための新規画像モダリティとして、CT データから流体構造連成解析を用いて仮想的に虚血を評価するシステム(CT-FFR)の信頼性、有用性を解析し、論文発表に至った (*Heart Vessels* 2023)。これらの画像研究に関する成果は、今後、EAT がもたらす心筋症や心筋虚血への影響を検証する際の有用な基礎データになると考えられた。

我々のこれまでの研究実績および本研究の成果により、EAT が冠動脈疾患、大動脈弁疾患等の器質的心疾患の病態に深く関わり、新たな臨床評価対象となりうることが示唆された。臨床でしばしば計測されるエコーや CT、MRI を用いた EAT 量とは別なる指標として、我々は特定の心疾患においては EAT の CT 値を用いた性状評価がより病態を反映している可能性を見出した。しかし、その他の心疾患においても同様に活用できる汎用イメージングマーカーであるのか、予後推定や治療法の選択にも繋がるモダリティとなるのか、特にエビデンスに乏しい心臓弁膜や心筋への EAT の病的作用などが次なる検討項目になると考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Toshiro Kitagawa, Kazuhiro Sentani, Yuki Ikegami, Taiichi Takasaki, Shinya Takahashi, Yukiko Nakano	4. 巻 -
2. 論文標題 Relationship between clinical parameters and histological features of epicardial adipose tissue and aortic valve calcification assessed on computed tomography.	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Circulation Journal	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Yuto Fujii, Toshiro Kitagawa, Hiroki Ikenaga, Fuminari Tatsugami, Kazuo Awai, Yukiko Nakano.	4. 巻 38
2. 論文標題 The reliability and utility of on-site CT-derived fractional flow reserve (FFR) based on fluid structure interactions: comparison with FFRCT based on computational fluid dynamics, invasive FFR, and resting full-cycle ratio	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Heart and Vessels	6. 最初と最後の頁 1095, 1107
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00380-023-02265-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Toshiro Kitagawa, Ko Sasaki, Yuto Fujii, Yuki Ikegami, Fuminari Tatsugami, Kazuo Awai, Yutaka Hirokawa, Yukiko Nakano.	4. 巻 30
2. 論文標題 18F-sodium fluoride positron emission tomography following coronary computed tomography angiography in predicting long-term coronary events: a 5-year follow-up study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Nuclear Cardiology	6. 最初と最後の頁 2365, 2378
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12350-023-03277-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Toshiro Kitagawa, Fuminari Tatsugami, Kazushi Yokomachi, Yuji Akiyama, Yuto Fujii, Kazuo Awai, Yukiko Nakano	4. 巻 63
2. 論文標題 Native myocardial T1 value in predicting 1-year outcomes in patients with nonischemic dilated cardiomyopathy experiencing recent heart failure	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Heart Journal	6. 最初と最後の頁 531, 540
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1536/ihj.21-801	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Toshiro Kitagawa, Ko Sasaki, Yuto Fujii, Fuminari Tatsugami, Kazuo Awai, Yutaka Hirokawa, Yukiko Nakano	4. 巻 30
2. 論文標題 A longitudinal pilot study to assess temporal changes in coronary arterial 18F-sodium fluoride uptake	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Nuclear Cardiology	6. 最初と最後の頁 1158, 1165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12350-022-02975-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Toshiro Kitagawa, Kazuhiro Sentani, Yuki Ikegami, Taiichi Takasaki, Shinya Takahashi, Yukiko Nakano
2. 発表標題 The Relationship between Histological Features of Epicardial Adipose Tissue and Aortic Valve Calcification Assessed on Computed Tomography
3. 学会等名 American Heart Association scientific sessions 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Toshiro Kitagawa, Yuki Ikegami, Shinya Takahashi, Yukiko Nakano
2. 発表標題 Relationship Between Clinical Parameters and Histological Features of Epicardial Adipose Tissue and Aortic Valve Calcification Assessed on Computed Tomography
3. 学会等名 The 88th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Toshiro Kitagawa, Yukiko Nakano
2. 発表標題 Innovative Coronary Artery Imaging via 18F-Sodium Fluoride Positron Emission Tomography Following Coronary Computed Tomography Angiography
3. 学会等名 The 88th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 北川知郎
2. 発表標題 18F-NaF PETを用いた冠動脈分子イメージング
3. 学会等名 Beyond Angiography Japan XXXVIII (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Toshiro Kitagawa, Ko Sasaki, Yuto Fujii, Yuki Ikegami, Fuminari Tatsugami, Kazuo Awai, Yutaka Hirokawa, Yukiko Nakano
2. 発表標題 18F-Sodium Fluoride Positron Emission Tomography Following Coronary Computed Tomography Angiography in Predicting Major Coronary Events: a 5-Year Longitudinal Study
3. 学会等名 American Heart Association scientific sessions 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Toshiro Kitagawa, Yuto Fujii, Yuki Ikegami, Yukiko Nakano
2. 発表標題 18F-Sodium Fluoride Positron Emission Tomography Following Coronary Computed Tomography Angiography in Predicting Major Coronary Events: a 5-Year Longitudinal Study
3. 学会等名 The 87th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Toshiro Kitagawa, Yuto Fujii, Yukiko Nakano
2. 発表標題 Clinical Factors Related to Temporal Changes in Coronary Arterial 18F-Sodium Fluoride Uptake: A Longitudinal Follow-Up Study
3. 学会等名 The 86th Annual Scientific Meeting of the Japanese Circulation Society (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	檜垣 徹 (Higaki Toru) (80611334)	広島大学・先進理工系科学研究科(工)・准教授 (15401)	
研究 分担者	立神 史稔 (Tatsugami Fuminari) (90411355)	広島大学・病院(医)・講師 (15401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------