

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 24 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25461800

研究課題名(和文) 回転収縮運動を考慮した3次元的心機能評価法の開発に関する研究

研究課題名(英文) Regional Myocardial 3-Dimensional Rotational Motion Analysis with Cine MRI, Cardiac MDCT, and Myocardial Tagging.

研究代表者

齋藤 春夫 (Saito, Haruo)

東北大学・医学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：90170521

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：Cine MRI画像では、左室短軸5断面の中央3断面では心内膜面と外膜面との特徴点を追跡することで、MRI Tagging画像では、心筋内のTagの交点を追跡することで、車軸方向、回旋方向の局所心筋運動をほぼ同等に解析可能なことが確認できた。長軸方向の運動を加味した回旋方向の運動解析を試みたが、個体差が著明で、各個に解析法を考える必要があることが分かった。肺高血圧症に対する血管内治療の効果判定の検討では2次元な回旋方向のみの解析により、左室全体の収縮が保たれていても、局所の運動にバラツキがあることが明らかになり、回旋方向のみの解析でも臨床的に有用であることが確かめられた。

研究成果の概要(英文)：Regional myocardial rotational motion analyzed with cine MRI by following up the track of characteristic points on the intimal or the epicardial surface of left ventricle was almost equivalent to that with myocardial tagging images by following up the track of the intersections of grid-like tags on the left ventricular myocardium. Individual differences of longitudinal regional myocardial motion made it difficult to expand 2D motion analysis analyses to 3D ones. 2D regional myocardial motion analysis of patients with pulmonary hypertension demonstrated the presence of reduced regional myocardial motion segments even in the cases with normal global left ventricular motion.

研究分野：放射線診断学

キーワード：心臓 磁気共鳴画像 回転運動

## 1. 研究開始当初の背景

心筋は内膜側、中層、心外膜側の3層構造を持っており、中層が左室短軸方向に走行する横走筋、内膜側と外膜側が左室長軸方向に走行する縦走筋から形成される。この構造から、心筋の左室短軸方向の収縮は、心尖部方向から見て心尖部では逆時計回り、心基部では時計回りの回転運動、すなわち、雑巾を絞るような運動をしている。心筋傷害は、回転運動に変調を来し、左室収縮の同調性不全 (dyssynchrony) や駆出率低下をもたらすので、局所心筋の運動障害の把握が重要とされてきている。さらに、MRI Tagging 法により、肥大型心筋症の早期や収縮率の保たれた心不全症例では、回旋運動、長軸方向の収縮運動が増強されることが示されている。MRI Tagging 法は局所心筋の運動の把握の Gold Standard として 1990 年代より用いられているが、撮像・解析に時間がかかるため普及していない。speckle tracking を用いた超音波による診断も局所心筋運動評価法として普及しつつあるが、再現性などの問題によりいまだ Gold Standard とはなっていない。我々は平成 22 年から 24 年度の基盤研究 C 一般 (課題番号 22591315) 【回転収縮運動を考慮した心機能評価法の開発に関する研究】により、2 次元的な解析ではあるが、MRI Tagging 画像による局所心筋運動解析を可能とし、さらに、心臓 MRI でルチンに撮像される Cine MRI により、心局所運動を簡便に評価する方法の構築を試み、心内膜側の評価に成功した。しかしながら、より詳細な局所運動評価には心筋運動の 3 次元解析が必要であると考えた。これは、3 次元的な運動を 2 次元で撮像することによる位置ずれを補正する必要があるためである。本研究の目的は、ルチンの心臓 MRI 検査で撮像される Cine MRI を用いて心筋の回旋運動および、長軸方向運動をより簡便に、定量的に解析する方法を開発することにある。Cine MRI によるより詳細な局所運動の

把握法は、再現性が良好な局所心筋運動評価の Standard たり得ると考えた。

## 2. 研究の目的

心筋梗塞部位や、心筋症の瘢痕形成部位などは CT・MRI の遅延造影像で、心筋虚血部位や心筋障害部位は MRI の Perfusion 像や遅延造影像でかなり正確に把握できる。これらに、局所心筋の運動把握法が追加されれば、MDCT や MRI による心疾患診断はさらに多くの情報をもたらすようになる。さらに、短軸と長軸方向の運動を合わせて解析することでより詳細な評価が可能となると考えられる。MRI Tagging 法は心筋の局所運動評価の Gold Standard であるが、撮像に時間がかかり、一連のルチン検査に含めることは難しい。また、撮像後の画像解析にも多大な時間・労力を必要とする。これに対し、Cine MRI は、通常的心臓 MRI 検査の一環として撮像されているが、Cine MRI によって局所運動を推定する方法は確立されていない。

我々は、現在までに多数の心疾患症例において MRI Tagging 法を用いて、心筋運動解析を試みてきた<sup>4)</sup>。また、Cine MRI の局所心筋運動解析への応用の可能性も確認できた。しかしながら、外膜面での解析には問題がある。さらに長軸方向への動きを考慮していなかったため、局所運動の解析精度は必ずしも十分ではなかった。今回の研究では、情報工学の専門家の協力を得、長軸方向運動も加味した MRI Tagging による局所心筋運動の簡易定量法の開発と、長軸方向運動も加味した Cine MRI による局所心筋運動解析を目指した。今回の研究により、MRI、CT 等の通常検査法を用いて心臓の局所心筋の運動をより正確に評価し、心筋障害の部位との対比や、早期の病変を見いだす方法が確立できると考えた。

## 3. 研究の方法

基盤研究 C 一般 (課題番号 22591315) で作成した心筋運動解析用ファントムを改良し、

局所の運動制限ができるようにし、ファントームの内膜面と外膜面の局所運動解析への応用を目指し、Cine MRI 画像による内膜面の運動解析が可能であることを確認した。しかしながら、短軸方向のみの解析であったため、断面のズレを考慮した解析になっていなかった。今回の研究では、長軸断面での動きと短軸断面での動きを加味して解析し、より詳細に評価する方法を確立することを目的とし、情報工学の専門家を研究者に加え、Cine MRI によるより詳細な心内膜側・心外膜側の局所心筋運動解析法の確立を目指した。

#### 4. 研究成果

心筋運動解析用ファントームを改良し、捻れを外部から強制的に加える機能があるので、動く本体部分の局所に運動制限ができるようにした。局所の動きを制限すると、全体的な運動に不自然さが残るようになったため、さらに動きの制限方法を改善して、心筋運動解析用ファントームの本体部分の全体的な動きにあった不自然さはかなり改善し、ファントームの内膜面と外膜面の運動解析にめどが付いた。さらに、心筋運動解析用ファントームに拍動ポンプ機能を付加するように改良し、離れた位置に動く本体部分においてファントーム実験を可能とした。

ボランティアの心臓 MRI 画像の解析では、10名のボランティアの心臓 MRI (短軸像、二腔長軸像、四腔長軸像)の MRI Tagging 画像を用いて、各時相の Tag の交点の座標の動きを解析した。長軸方向の Tag 交点の動きの座標計測では、長軸方向の動きに個人差が大きく、一定の傾向が得られず、短軸の動きに長軸の動きを加味する方法は個別に検討する必要があることが明らかとなった。計 15名のボランティアの心臓 MRI 画像の解析では、現在までに、短軸画像において、Cine MRI 画像による内膜面の運動解析が可能であることを確認しており、長軸像についても、全体的な動きについては解析可能であることが

確認できた。“短軸の Cine 画像によって回転運動を評価するソフトウェア”は現在のところ市販されていない。1断面の短軸のみによる回転評価と、短軸に長軸方向運動を加味して3次元的な動きを捉え、局所心筋運動の短軸断面における回転成分の評価を比較検討すること、さらに、Tag 画像による検討を踏まえて、Cine 画像による3次元運動解析に研究を広げてより精度の高い局所心筋運動評価法を確立したい。

肺高血圧症に対する血管内治療の効果判定に応用し、治療後早期には心筋の部位によって回復に違いが認められることを見いだした。成果は、International Society of Magnetic Resonance in Medicine 2015 年総会(トロント、6月)で報告し、Magna cum laude を受賞した。「左室の Ejection Fraction が保保持された心不全 (HFpEF: Heart Failure with preserved EF)」など特殊な病態の存在が明らかになっており、これらの病態の評価にも Cine 画像による3次元局所心筋運動解析が有用な可能性があり、今後検討したい。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Nakajima A, Usui A, Hosokai Y, Kawasumi Y, Abiko K, Funayama M, Saito H. The prevalence of morphological changes in the thoracolumbar spine on whole-spine computed tomographic images. *Insights Imaging*. 2014, 5:77-83 (査読有)  
doi:10.1007/s13244-013-0286-0

〔学会発表〕(計 10 件)

Kimura T, Ota H, Sugimura K, Yamanaka K, Nagasaka T, Shimokawa H, Takase K, Saito H Improvement of Left

Ventricular Strain with Reduction of Mean Pulmonary Arterial Pressure in Pulmonary Hypertension. 放射線技術学会総会 2016.4.14-17 パシフィコ横浜、横浜市

Kimura T, Ota H, Sugimura K, Yamanaka K, Nagasaka T, Shimokawa H, Takase K, Saito H Improvement of Left Ventricular Strain with Reduction of Mean Pulmonary Arterial Pressure in Pulmonary Hypertension. 日本循環器病学会 2016.3.17-20. 仙台国際センター、仙台市

Kimura T, Ota H, Sugimura K, Yamanaka K, Nagasaka T, Shimokawa H, Takase K, Saito H Improvement of Left Ventricular Strain with Reduction of Mean Pulmonary Arterial Pressure in Pulmonary Hypertension: Treatment Effect Independent of Right Ventricular Volumetric Parameters. ISMRM 2015 5.30-6-5, Toronto, Canada. Yoshida T, Katsumata Y, Furukawa Y, Nozaki M, Nagasaki T, Hirano M, Kawauchi N, Shirai T, Saito H. A feasibility study of dual contrast blood image (DCBI) using balanced steady state free precession (B-SSFP) with phase sensitive inversion recovery (PSIR). ECR 2015.3.4-8 Vienna, Austria

木村 智圭, 大田 英揮, 永坂 竜男, 山中 一臣, 佐々木 博信, 根本 整, 上野 結衣, 上野裕理, 小森 芳秋, 高瀬 圭, 齋藤 春夫 MOLLI 法における左心室心筋 T1 値の部位による差について-FA の違いからみた検討- 第 42 回日本磁気共鳴医学会大会 2014.9.18-20 グランビア京都、京都市

立石 敏樹 井土川 敦子 木原 信行 大西 弘士 力丸 裕哉 佐藤 明弘 篠崎 毅 齋藤 春夫 Look-Locker 法による心筋 Color MAP の開発 第 42 回日本磁気共鳴医学会 2014.9.18-20 グランビア京都、京都市

Yoshida T, Katsumata Y, Furukawa Y, Tsuchiya H, Kato Y, Kawauchi N, Saito H. A preliminary study of 3D Dual Contrast Blood image using Balanced-steady state free precession with Phase sensitive inversion recovery. 第 70 回日本放射線技術学会総会学術大会 2014.4.10-13 パシフィコ横浜、横浜市

立石 敏樹 井土川 敦子 三浦 洋亮 力丸 裕哉 佐藤 明弘 篠崎 毅 齋藤 春夫 Look-Locker 法による心筋 Color MAP の検討 第 70 回日本放射線技術学会 2014.4.10-13 パシフィコ横浜、横浜市

Yoshida T, Katsumata Y, Furukawa Y, Tsuchiya H, Kato Y, Kawauchi N, Saito H. A preliminary study of 3D Dual Contrast Blood image using Balanced-steady state free precession with Phase sensitive inversion recovery. 第 70 回日本放射線技術学会総会学術大会 2014.4.10-13 パシフィコ横浜、横浜市

Kozakai M, Hosokai Y, Abe M, Konno T, Sano H, Tanae S, Usui A, Kawasumi Y, Kaga Y, Saito H. Influence of Cardiac evaluation image due to different heart rate setting using 3D-CT: A kinetic cardiac phantom study. SCCT Hawaii. 2014.1.16. The Island of Hawaii, USA

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0 件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

齋藤 春夫 (SAITO HARUO)

東北大学・大学院医学系研究科・教授

研究者番号：90170521

##### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

##### (3) 連携研究者

本間 経康 (HONMA NORIYASU)

東北大学・大学院医学系研究科・教授

研究者番号：30282023