

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 4 月 20 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22591315

研究課題名（和文） 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

研究課題名（英文） Regional Myocardial 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・大学院医学系研究科・教授

研究者番号：90170521

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。回旋方向の運動解析には、単純な回旋方向の移動距離の積算ではなく、回転角度などで評価する必要があることがわかった。また、心臓 CT の最適な造影法と撮像タイミング設定法などを提案できた。

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. Angle of rotation or migration length on the approximated circle of the left ventricle in each successive images should be used for the regional myocardial rotational motion analysis. Some estimate methods of appropriate contrast injection rate and acquisition start timing for cardiac MDCT could be proposed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2011 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：放射線科学・画像診断学（含放射線診断学）

キーワード：心臓、心筋運動、MRI

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。

最近の多断面撮像型 CT (MDCT)、高磁場 MRI の進歩は、心臓を3次元的に可視化することのみならず、多時相での3次元画像作成を可能とし、これらの多時相の画像から心筋を抽出することで、心筋の動きを4次元的に観察することが可能とした。心筋梗塞部位や、心筋症の癒痕形成部位などは 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と思われる。

2. 研究の目的

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。しかしながら、解析に時間がかかるため、定量解析には至っておらず、定性的観察にとどまっていた。今回提案する研究では、情報工学の専門家を研究者に加え、MRI Tagging による局所心筋運動の簡易定量法の開発と、引き続き Cine MRI による心内膜側・心外膜側の局所心筋運動解析への応用を目指す。

3. 研究の方法

心筋局所運動の MRI Tagging 法による簡便な評価法の開発、次いで、Cine MRI による評

価法を確立する。

単純なねじれ運動を模した単層・円筒型心筋運動解析ファントームを作成し、MRI Tagging 法による簡便な評価法の開発、次いで、Cine MRI による評価法を確立する。次いで、ファントームを心筋の3層構造を模した3層・円筒ファントームに改良し、MRI Tagging 法による簡便な評価法の開発、次いで、Cine MRI による評価法を確立する。

ボランティア、あるいは慢性心筋梗塞や心筋症など比較的病状が安定した患者さんの心臓 MRI 画像を用いて、心筋運動解析用ファントームで構築した局所心筋運動評価法を応用し、評価法の臨床的有用製を確認する。

画像解析に適した心臓 MRI 画像、心臓 MDCT を得るために撮像方法、造影剤使用方法についても検討する。

4. 研究成果

心筋運動解析用ファントーム：ラテックス製のゴム風船様の製品から単層の円筒型ファントームを作成して基本的な運動特性を調べた。基本的運動特性に大きな問題はないため、心筋の動きを模擬することを試みた。が、ゴム風船内に希釈造影剤などを注入して膨らませ、形状を変化させる方向では、回転運動の再現性、運動のなめらかさに欠けていた。ラテックス製のゴム風船様のファントームに外から一定の回転運動を加える形式に変更し、回転運動の再現性、運動のなめらかさを確保できるようになり、回転運動解析に用いるファントームとして使用可能の状況になっている。しかしながら、回転機構などに MRI 非対応の素材を使わざるを得ず、現在のところ CT で回転運動解析にのみ対応可能である。

健常ボランティアにおける MRI Tagging 画像、Cine MRI による内膜側、外膜側の局所運

動評価法の研究：健常ボランティアの Cine MRI、および MRI Tagging の画像（左室を長軸に沿って7分割し、その間の5断面）を解析した。MRI Tagging 画像では、心筋内の Tag の交点を追跡し、車軸方向、回旋方向の局所心筋運動解析が可能であることを確認した。Cine MRI 画像においては、最も心尖部側と心基部側の計2断面では、とくに内膜面の特徴点を追跡するのが難しかった。心尖部側と心基部側の運動解析には長軸方向の画像を加えた検討が必要と思われ、今後さらに検討を進めたいと考えている。残りの3断面では、心内膜側、心外膜側それぞれで、特徴点を追跡することで心内膜側、心外膜側の運動解析が可能であることが確認できた。車軸方向、回旋方向ともに局所運動は、Cine MRI 画像、MRI Tagging 画像で、ほぼ同等の結果を得た。Cine MRI 画像で回旋方向を1心周期に渡り観察すると、単純な移動距離で積算すると、心周期の開始時と終了時に位置が異なる結果となることがわかり、単純な移動距離の積算ではなく、回転角度あるいは、回転中心から心周期開始位置を始点とした円周上に投射した弧上の心周期開始位置からの移動距離によって評価する必要があることがわかった。現在は、自動計測には至っていないが、今後、情報工学の専門家のさらなる助言を得、自動計測を可能とする必要があると考えている。

心臓 MRI、心臓 CT 撮像の最適化：心臓 MRI では、心筋梗塞巣などを画像化する遅延造影撮像の撮像時相最適化に取り組み、3次元的に Look-Locker 法で撮像することにより、より簡便に撮像時相を把握することが可能なことを見だし、報告した。心外膜面の特徴点として、冠状動脈が、その一つとなり得るので、これのより簡便な撮像法も検討し、比較的良好的な画像を得ることができた。心臓 CT では、少量の造影剤でより有用な画像を得る

ために造影剤の動態と、造影ピークの把握法を検討し、test bolus 法と、Bolus tracking 法のそれぞれで、有用な造影剤投与法と撮像タイミング設定法が提案できた。

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）

- ① Masahiko Konno, Yoshiyuki Hosokai, Akihito Usui, Mitsuya Abe, Toshiki Tateishi, Yusuke Kawasumi, Masashi Tsuda, Hideki Ota, Kei Takase, Haruo Saito. Cardiac output obtained from test bolus injections as a factor in contrast injection rate revision of following coronary CT angiography. *Acta Radiologica*, 2012; 53: 1107-11, 査読あり, doi: 10.1258/ar.2012.120276

〔学会発表〕（計16件）

- ① 立石敏樹 他、呼吸同期 Look-Locker 法の検討、第40回日本磁気共鳴医学会（京都）2012年9月6-8日、京都
- ② 立石敏樹 他、マルチスライス Look-Locker 法の有用性 日本放射線技術学会 第68回総会学術大会、2012年4月12-15日、横浜
- ③ 立石敏樹 他、マルチスライス Look-Locker 法の検討、日本放射線技術学会 第67回総会学術大会、2011年5月9-20日、（WEB開催）
- ④ 高橋大樹 他、急性冠症候群（ACS）に対する心筋造影効果（MRIとCT）について、日本放射線技術学会 第67回総会学術大会、2011年5月9-20日、（WEB開催）

- ⑤ 阿部 美津也 他、心臓 CT 検査時の胸部大動脈の造影剤動態について、日本放射線技術学会 第 67 回総会学術大会 2011 年 5 月 9-20 日、(WEB 開催)
- ⑥ 阿部 美津也 他、心臓 CT 検査において体表面積を指標とした造影剤注入レートでの上行大動脈 CT 値と肥満の関係、日本放射線技術学会 第 38 回秋季学術大会 2010 年 10 月 14 日、仙台
- ⑦ 立石敏樹 他、VISTA 法を用いた Whole Heart coronary Black Blood MRA の臨床検討、第 38 回日本磁気共鳴医学会、2010 年 9 月 30 日、つくば
- ⑧ 阿部 美津也 他、ボーラストラッキングを用いた心臓 CT 検査時の上行大動脈造影 CT 値に対する身体指標、第 19 回日本心血管インターベンション治療学会、2010 年 8 月 22 日、仙台

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

石橋 忠司 (ISHIBASHI TADASHI)

東北大学・大学院医学系研究科・教授

研究者番号：40151401

(3) 連携研究者

本間 経康 (HONMA NORIYASU)

東北大学・サイバーサイエンスセンター・
准教授

研究者番号：30282023