

令和 2 年 4 月 9 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K10391

研究課題名(和文) 高速3次元T1強調撮影法による心筋障害部位の自動抽出・客観的解析法の確立

研究課題名(英文) Automatic extraction of damaged myocardium on a short scan time T1 weighted MR image, and its objective assessment.

研究代表者

齋藤 春夫 (Haruo, Saito)

東北大学・医学系研究科・教授

研究者番号：90170521

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：開発した撮像法(Dual Contrast Blood: DCB 撮影法)は、撮影後に心腔を多方向から観察できる、心腔内などのSlow flow によるアーチファクトの無い心腔・血管腔が低信号となるBlack Blood 撮影法であった。

DCB 撮影法は心臓の臨床症例における遅延造影の撮像法としては遅延造影の信号が従来法に比してやや低く、心筋梗塞以外の心筋障害の把握を目的とした心臓MRIの撮影法としては力不足で、心筋障害の把握を自動診断することはできなかったが、内膜下の浅い梗塞などの心腔のアーチファクトが問題となる症例において従来法にDCB 撮影法を追加することで診断能が向上すると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

開発した撮像法(Dual Contrast Blood: DCB 撮影法)は、短時間に心腔内などのSlow flow によるアーチファクトの無い、心・血管腔が低信号となるBlack Blood撮影法である。従来の遅延造影撮影法で、壁運動の低下などにより心腔内に高信号が形成された場合に追加撮影することで、内膜面に限局するなどの障害心筋を描出する方法として、有用性が高い。

DCB 撮影法は心筋梗塞の遅延造影による評価には有用性が高いが、心筋梗塞以外の心筋障害の把握を目的とした心臓MRIの撮影法としては力不足で、障害心筋の自動抽出を実現するにはさらなる改良が求められる

研究成果の概要(英文)：Dual Contrast Blood (DCB) imaging with balanced steady-state-free-precession (bSSFP) using phase sensitive inversion recovery method (PSIR-bSSFP) provided 3D cardiac images with less artifact from blood flow in cardiac cavities or great vessels.

PSIR-bSSFP provided black blood images even after the contrast medium injection, and visualized scarred myocardium as high signal intensity area than normal myocardium. Areas or intensities of scarred myocardium with PSIR-bSSFP were a little smaller or weaker than those with ordinary sequence for myocardial late Gadolinium enhancement (LGE). PSIR-bSSFP, however, provides images of LGE with less artifact from blood flow of cardiac cavities enabled the clear visualization of endocardial scarred myocardium from cardiac cavity. The PSIR-bSSFP is one of the sequences that provide good LGE images of myocardial infarction.

研究分野：放射線医学

キーワード：MRI 心臓 心筋梗塞 大血管 真菌症

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

(1) Magnetic resonance image (MRI) で使用されている心臓大血管撮影法に、心臓壁・血管壁の性状などの質的診断を目的として、周囲の組織より血液を低信号に描出する black blood (BlaB) 画像がある。従来から使用されている BlaB 画像法には撮像時間が長い点と、血流が遅い部位が高信号域として描出され、とくに遅延造影域の心臓内側縁が判別しづらくなる問題があった。

(2) 高速撮像法の一つで、水成分すべてを高信号に描出する balanced steady state free precession (B-SSFP) 法に、Inversion Recovery (IR) の phase error を補正する phase sensitive IR (PSIR) 法を印加することで、一回の撮像で BriB 画像と BlaB 画像の両画像を得る方法 (dual contrast blood imaging : DCB 撮影法) を開発し、1 回の高速撮像で血流腔内に高信号域が描出されない良好な BlaB 画像を得ることができることを明らかにした。我々が開発した撮像法は、遅延造影像においても通常の撮影法での欠点を補い、心筋の内縁と外縁、および遅延造影域の明瞭な描出、さらに自動抽出による定量性の高い心筋障害域診断法を確立できると考えた。

## 2. 研究の目的

(1) 新たに開発した高速、3 次元 T1 強調撮影法を用いて心筋梗塞や心筋症などによる心筋障害部位を自動抽出して客観的に解析する方法を確立することを目的とした。

(2) 開発した 1 回の高速撮像で血流腔内を高信号に描出する Bright Blood (BriB) 画像と、血流腔内に高信号域が描出されない良好な Black Blood (BlaB) 画像を得ることができる 2 次元および 3 次元の撮像法を用い、心臓、特に遅延造影像において、心腔内の Slow Flow による Artifact が無い良好な BlaB 画像を得、心臓周囲の脂肪織や心嚢液の信号も抑制して、心筋の内側縁、外側縁、および遅延造影域の自動抽出することで客観的な遅延造影域解析を可能とすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

(1) 大血管・心腔ファントームにより、新たに開発した高速、3 次元撮影による BlaB 画像において心腔内に Slow Flow による Artifact が形成されない条件を確定した。

(2) 3 次元 T1 強調撮影法を用いて心筋梗塞や心筋症などの症例を撮影し、心筋障害部位を定性的に評価し、さらに自動抽出して客観的に解析する方法を確立することを目指した。

## 4. 研究成果

(1) ファントーム実験で、開発した撮像法 (Dual Contrast Blood : DCB 撮影法) では、大血管内、心腔内の Slow flow が高信号域を形成しないことを確認した。基盤研究 C 一般 (課題番号 22591315、25461800) で改良した心筋運動解析用ファントームに拍動流を供給するポンプ機能を持たせるように機能を追加し、所有する大血管ファントーム (シリコン製) に拍動流を供給して大血管や心腔内血流を模擬し、2 次元、及び 3 次元の DCB 撮影法で撮像した。開発した 3 次元 DCB 撮像法は、撮影後に心腔を多方向から観察できる、心腔内の Slow flow によるアーチファクトの無い血流腔が低信号となる (BlaB) 撮影法であることが確認された。研究成果は、International Society of Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) 2018 年総会 (パリ、6 月) に採択された。

(2) 臨床症例では、DCB 撮影法で心臓大血管の臨床画像を撮像した。2 次元の DCB 撮影法を適用し、血流によるアーチファクトの低減は十分に可能であり、大血管の診断に有用であることを

再確認した。心臓、特に遅延造影の撮像法としては遅延造影の信号が従来法に比してやや低く、心筋梗塞以外の心筋障害の把握を目的とした心臓MRIの撮影法としては、さらなる改善が必要と考えられたため、撮像シーケンスを改良した。心筋梗塞の遅延造影としては十分な画像が得られた。とくに従来法では心腔内が高信号になりやすい壁運動低下部においても心腔内が低信号になることから内膜下の浅い梗塞などのアーチファクトが問題となる症例において従来法にDCB 撮影法を追加することで診断能が向上すると考えられた。しかしながら、遅延造影域の信号強度が薄い心筋梗塞以外の心筋障害の把握を目的とした撮影法としては、依然力不足と考えられた。

(3) 心筋梗塞症例においては、従来法による遅延造影画像と2次元のDCB 撮影法によるBlab画像による遅延造影とを撮像し、Blab画像による遅延造影では従来法よりもやや小さい範囲が造影域として描出されたが、梗塞域は正常心筋、左室内腔と明瞭に区別でき、半自動的に遅延造影域を識別することができた。心筋梗塞以外の症例(心筋症など)では、遅延造影域の描出が従来法と比較して未だ不明瞭で、半自動的に領域の判別は困難であった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Tomohiko Horie, Nao Kajihara, Haruo Saito, Shuhei Shibukawa, Makoto Obara, Tetsuo Ogino, Tetsu Niwa, Kagayaki Kuroda, and Mitsunori Matsumae.	4. 巻 19
2. 論文標題 Visualization of Cerebrospinal Fluid Motion in the Whole Brain Using Three-dimensional Dynamic Improved Motion-sensitized Driven-equilibrium Steady-state Free Precession.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Magnetic Resonance in Medical Science	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） 10.2463/mrms.tn.2019-0171	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3件（うち招待講演 0件／うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Yoshida Takashige, Yuki Furukawa, Kohei Yuda, Yasutomo Katsumata, Nobuo Kawauchi, Haruo Saito
2. 発表標題 Free-breathing zoomed whole heart coronary MRA without respiratory gating using small-FOV 3D stack-of-stars radial sequence with pseudo-golden angle sampling
3. 学会等名 International Society of Magnetic Resonance in Medicine（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashige Yoshida, Masami Yoneyama, Kohei Yuda, Takumi Koyano, Yuki Furukawa, Mariko Okura, Nobuo Kawauchi, Haruo Saito
2. 発表標題 Estimation of late gadolinium enhancement of myocardial infarction with phase sensitive inversion recovery balanced steady state free precession (PSIR-bSSFP)
3. 学会等名 International Society of Magnetic Resonance in Medicine（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomohiko Horie, Nao Kajihara, Haruo Saito, Shuhei Shibukawa, Susumu Takano, Natsuo Konta, Makoto Obara, Tetsuo Ogino, Tetsu Niwa, Kagayaki Kuroda, Mitsunori Matsumae
2. 発表標題 Visualization of irregular CSF flow by dynamic iMSDE SSFP using acceleration- selective motion - sensitized gradient (AS-MSG)
3. 学会等名 International Society of Magnetic resonance in Medicine（国際学会）
4. 発表年 2019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
--	---------------------------	-----------------------	----