

令和 5 年 5 月 21 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K08045

研究課題名（和文）肺MRIによる肺結節スクリーニングとコンピュータ支援検出ソフトウェアの開発

研究課題名（英文）Feasibility study of lung nodule screening using pulmonary MRI and development of computer-assisted detection software

研究代表者

吉川 健啓（Yoshikawa, Takeharu）

東京大学・医学部附属病院・特任准教授

研究者番号：30293476

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,300,000円

研究成果の概要（和文）：検診受診者を対象として呼吸停止下および呼吸同期で肺MRIの撮像を行った。正常構造および肺結節抽出能の定性的評価および肺結節の定量的評価において、概して呼吸停止下撮像が呼吸同期撮像より優れていた。コンピュータ支援検出ソフトウェア開発に必要な2種類のデータセットを整備した。肺野および気管支領域の自動抽出手法を開発し、良好な領域抽出結果が得られた。肺結節スクリーニングのためのコンピュータ支援検出ソフトウェアの開発を進めた。派生的な研究として、検診受診者の胸部MRIで検出される胸水に関する研究を行った。胸部MRIで偶発的に検出される少量の胸水は高頻度に認められる生理的な所見であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究により、肺MRIによる肺結節スクリーニングは実現可能であることが示された。呼吸停止下撮像が第一選択であり、時間に余裕があれば呼吸同期撮像を追加するのが望ましい。現状では、すりガラス状結節は充実性結節より検出が難しく、検出能の向上のために撮像技術の進歩などによる改善が望まれる。本研究で開発した手法により、肺MRIでの肺野および気管支領域の自動抽出が可能となった。肺結節スクリーニングのためのコンピュータ支援検出ソフトウェアの開発を進めた。初期のソフトウェアでは期待していたほどの肺結節検出能が得られなかったが、学習症例数を追加することで性能改善が期待される。

研究成果の概要（英文）：Pulmonary MRI with ultrashort echo time (UTE) is expected to be an alternative to low-dose CT for lung screening. The feasibility of breath-hold (BH) and respiratory triggered (RT) scans with UTE was investigated. Both results of qualitative and quantitative assessment suggested that a solid nodule was more clearly depicted than a ground-glass nodule. BH scan in pulmonary MRI should be more suitable for lung screening than RT scan. We prepared a lung and bronchus region dataset and a lung nodule dataset to develop computer-assisted detection (CADe) software for lung nodule screening. We have developed an automatic extraction method of both lung areas and bronchi regions simultaneously using deep learning, and accurate extraction were achieved. Now, we are developing (CADe) software for lung nodule screening. Chest MRI was highly sensitive in detecting pleural fluid, which was considered mainly physiological. It was relevant to other clinical factors.

研究分野：MRI

キーワード：肺MRI 肺がん スクリーニング 検診 CAD AI 胸水

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 低線量 CT による肺がん検診が広く行われるようになってきているが、CT による肺がん検診の最大の問題点は放射線被ばくである。CT を代替するモダリティとして、放射線被ばくのない MRI が考えられる。各種技術の発達により実用的な肺 MRI の撮像が可能となっており、研究報告も見られるようになってきた。最近の論文では、肺結節の検出およびその評価において、MRI は低線量 CT と同程度に有用であるとの報告がある。

(2) 低線量 CT による肺がん検診の普及に伴って、コンピュータ支援検出 (computer-assisted detection, CADe) ソフトウェアの有用性が報告されてきている。CADe ソフトウェアを利用することで読影医の負担軽減、見逃し防止といった効果が期待され、肺がん検診が効率的に施行できる。もし、肺 MRI による肺結節スクリーニングが実現可能であるとすれば、同様にそれに向けた CADe ソフトウェアも有用であるものと期待される。

### 2. 研究の目的

- (1) 肺 MRI による肺結節スクリーニングの実現可能性について検証する。
- (2) 肺 MRI による肺結節スクリーニングに向けた CADe ソフトウェアを開発する。

### 3. 研究の方法

(1) 肺 MRI による肺結節スクリーニングの実現可能性について検証を進めた。検診受診者を対象として肺 MRI の撮像を行った。肺のような組織の撮像に適した ultrashort echo time (UTE) 技術を用い、呼吸停止下撮像および呼吸同期撮像を行った。同日の肺 CT で 1 個以上の肺結節が描出された症例を抽出し、評価を行った。

(2) 肺結節スクリーニングのための CADe ソフトウェア開発に必要な 2 種類のデータセット (肺野・気管支データセット、肺結節データセット) を整備した。上記肺野・気管支領域データセットを用いて肺野および気管支領域の自動抽出手法を開発した。肺結節スクリーニングのための CADe ソフトウェアの開発を進めた。

(3) 派生的な研究として、検診受診者の胸部 MRI で検出される胸水に関する研究を行った。肺がんを初めとするさまざまな疾患により胸水が貯留することが知られているが、検診受診者の胸部 MRI では明らかな原因疾患がなくともごく少量の胸水が描出されていることがある。そこで、胸部 MRI で検出されるごく少量の胸水の頻度と他の臨床所見との関係を明らかにする研究を行った。

### 4. 研究成果

(1) 肺 MRI による肺結節スクリーニングの実現可能性についての検証で、以下の成果が得られた。正常構造および肺結節描出能の定性的評価では、概して呼吸停止下撮像が呼吸同期撮像より優れていたが (図 1)、一部の結節は呼吸同期撮像で呼吸停止下撮像より明瞭に描出された。

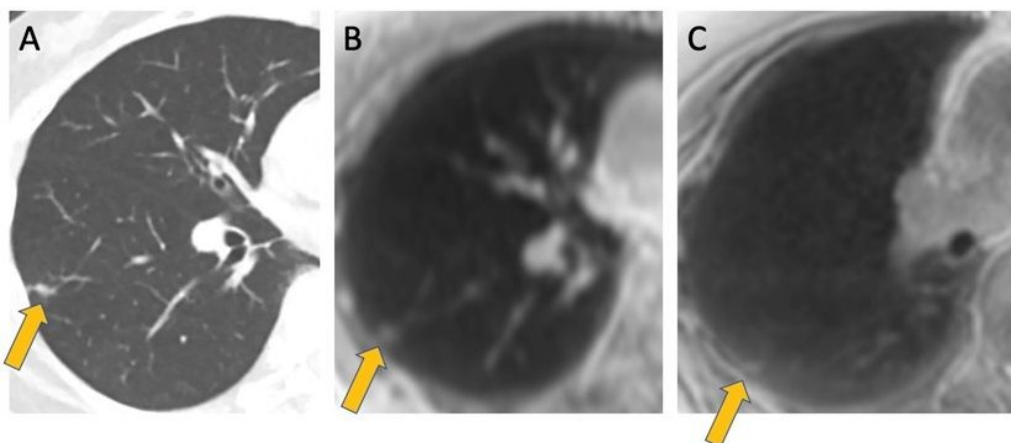


図 1 充実性結節の定性的評価の例

胸部 CT (A) で右肺下葉に充実性結節が認められる。この充実性結節は、呼吸停止下撮像 (B) で呼吸同期撮像 (C) より明瞭に描出されている。

肺結節については充実性結節とすりガラス状結節に分け、それぞれ信号雑音比およびコントラスト雑音比を算出することで定量的評価を行った（図 2）。充実性結節、すりガラス状結節のいずれにおいても、呼吸停止下撮像が呼吸同期撮像より優れていた。呼吸停止下撮像、呼吸同期撮像のいずれにおいても、充実性結節の信号雑音比およびコントラスト雑音比は高く、すりガラス状結節の信号雑音比およびコントラスト雑音比は低かった。結論として、肺 MRI による肺結節スクリーニングは実現の可能性がある。呼吸停止下撮像が第一選択であり、時間に余裕があれば呼吸同期撮像を追加するのが望ましい。現状では、すりガラス状結節は充実性結節より検出が難しく、検出能の向上のために撮像技術の進歩などによる改善が望まれる。

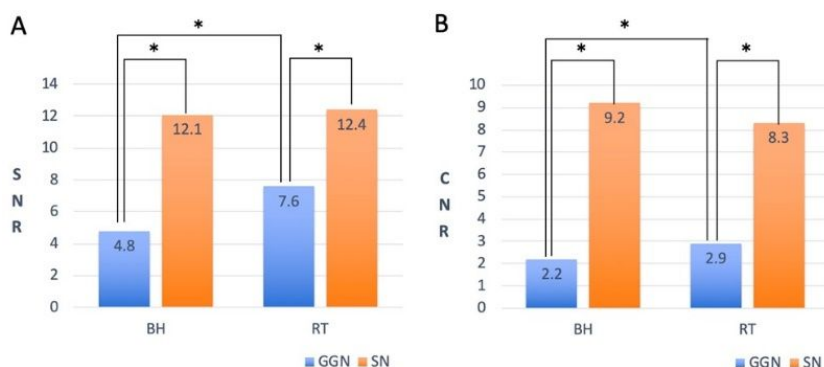


図 2 肺結節の定量的評価

肺結節を充実性結節（SN）とすりガラス状結節（GGN）に分け、それぞれ信号雑音比（SNR）およびコントラスト雑音比（CNR）を算出することで定量的評価を行った。充実性結節、すりガラス状結節のいずれにおいても、呼吸停止下撮像（BH）が呼吸同期撮像（R）より優れていた。（\* p < 0.001）

(2) 肺野・気管支領域データセットを用いて肺野および気管支領域の自動抽出手法を開発した。入力には肺 MRI 画像、出力は右肺野・左肺野・気管支・その他の部位のラベル画像として学習を行った。境界面での肺野の誤抽出、肺門部での気管支の誤抽出が見られたものの、良好な領域抽出結果が得られた（表 1）。

	右肺	左肺	気管支
最大	0.979	0.972	0.835
最小	0.947	0.931	0.709
平均	0.964 ± 0.009	0.954 ± 0.012	0.781 ± 0.042

表 1 肺，気管支領域の抽出結果の Dice 係数

肺および気管支で良好な領域抽出結果が得られている。

（Dice 係数は抽出手法の精度の指標の 1 つであり、1 に近いほど優れている。）

(3) 肺結節スクリーニングのための CADe ソフトウェアの開発を進めた。令和 3 年度に整備した 141 症例の肺結節データセットを利用し、複数のネットワークで肺結節検出の学習を行った。初期の CADe ソフトウェアでは期待していたほどの肺結節検出能が得られなかった。さまざまな改善を試みたが、学習症例数が不十分であるとの結論に達し、肺結節データセットを拡充することにした。追加で 255 症例を抽出し、研究分担者が前年度と同様に肺結節の領域をペイント入力した。拡充された肺結節データセットを用いて、改めて肺結節検出の学習を進めている。

(4) 胸部 MRI で検出されるごく少量の胸水の頻度と他の臨床所見との関係を明らかにする研究を行った。2726 名の受診者のうち 2052 名（73.7%）に胸水が認められた。右胸水は左胸水より有意に頻度が高く、有意に量が多かった。高齢、男性、肥満、高血圧、喫煙はより少ない量の胸水に関連する因子であった。結論として、胸部 MRI で偶発的に検出される少量の胸水は高頻度に認められる生理的な所見であることが示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Fukuda K, Matsuzaki H, Saito A, Nagase T, Yoshikawa T
2. 発表標題 The prevalence and clinical significance of pleural fluid detected by chest MRI: a cross-sectional study in a medical checkup setting
3. 学会等名 The 25th Congress of the Asian Pacific Society of Respiriology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Koshino S, Yoshikawa T, Nomura Y, Miki S, Hanaoka S, Watadani T, Hayashi N, Abe O
2. 発表標題 Feasibility study of nodule conspicuity for lung screening using ultrashort echo time MRI
3. 学会等名 2020 ISMRM & SMRT VIRTUAL CONFERENCE & EXHIBITION (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takahashi M, Nomura Y, Takenaga T, Hanaoka S, Yoshikawa T, Abe S
2. 発表標題 Automated segmentation of lung area and bronchi regions in ultra-short TE MR images using deep learning
3. 学会等名 第79回放射線技術学会総会学術大会
4. 発表年 2023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	越野 沙織  (Koshino Saori)  (50801552)	順天堂大学・医学部・非常勤助手    (32620)	

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
---------	---------