

京都大学	博士（医学）	氏 名	嶋田 功太郎
論文題目	Non-contrast-enhanced Hepatic MR Angiography with True Steady-state Free-precession and Time Spatial Labeling Inversion Pulse. (True SSFP 法と Time-SLIP 法を併用した肝動脈の非造影 MR angiography)		
（論文内容の要旨） 肝動脈の解剖学的評価には、通常造影剤を用いた CT angiography や MR angiography が用いられている。非造影の MR angiography は造影剤による副作用や腎毒性が無く安全性が高いため、本手法を用いた肝動脈 MR angiography は臨床的に求められる分野であるが、肝動脈が細いこと、呼吸による位置変動が激しいことなどから今までにまとまった報告はされていない。本研究は、上腹部や骨盤領域で臨床撮像にも広く用いられている True steady-state free-precession 法（以下 True SSFP）に、スピンラベリング法の一つである The time-spatial labeling inversion pulse（以下 Time-SLIP）法を併用して、肝動脈の描出能や撮像条件の最適化を検討したものである。 Time-SLIP 法で、最も画質に影響する因子は、Inversion pulse を印加してから撮像までの Inversion time（以下 TI）である。そこで TI の異なる 4 群、(A) TI=800ms、(B) TI=1000 ms、(C) TI=1200ms、(D) TI=1400ms を設定し、健常者 20 名を対象に呼吸同期の 3D True SSFP を撮像した。共通の撮像パラメーターは下記の通り（TR/TE/FA=4.3ms/2.2ms/120°, slice thickness = 1.5 mm, slice number = 50, parallel imaging factor = 2）。定量評価として、肝動脈と肝実質の信号強度から vessel-to-liver contrast を算出し各群で比較した。また定性評価として、右肝動脈、左肝動脈、中肝動脈の描出能を 4 段階で、同定可能な肝動脈最高次分枝のレベルを 4 段階で、それぞれ 2 名の放射線科専門医の協議に基づき視覚評価を行った。結果、TI の延長に伴い、肝動脈末梢枝の描出能向上と背景信号の回復がみられ、定量評価、定性評価とも (C) TI=1200ms において、最良の結果が得られた。異所性肝動脈などの正常変異も良好に描出可能であったが、約 10 分と長い撮像時間は改善すべき問題点であった。 撮像時間短縮は parallel imaging (PI) factor を上げることで可能だが、本法を併用すると、Signal-to-noise ratio（以下 SNR）の低下による画質劣化が避けられない（PI 法とは、被検体からの信号を複数のコイルで並列に受信・処理することによって、撮像時間を短縮する技術）。SNR 低下による画質劣化を軽減する方法の一つとして、背景信号を強く抑制することにより血管とのコントラストを高める方法がある。The short tau inversion recovery(以下 STIR)法は、日常臨床で汎用されている脂肪抑制法の一つであるが、脂肪のみならず肝実質の信号をも抑制することが可能である。 そこで次に、parallel imaging 法と STIR 法を併用することにより、画質劣化を来さずに撮像時間短縮が可能であることを検討した。撮像法の異なる 3 群、(A) 上記の撮像法、(B) parallel imaging factor のみを 2 倍にした撮像法、(C) parallel imaging factor を 2 倍にし、かつ脂肪抑制法に STIR 法を用いた撮像法を用いた群、を各々設定し、健常者 24 名を対象に呼吸同期の 3D True SSFP を撮像した。定量評価として、撮像時間、および artery-to-liver contrast を			

算出し各群を比較した。また定性評価として、右肝動脈、左肝動脈、中肝動脈、A8 分枝の描出能を 4 段階、総合画質を 3 段階で、2 名の放射線科専門医の協議に基づき視覚評価を行った。結果、PI factor を 2 倍にすることで、撮像時間は従来の約 10 分から約 6 分まで短縮が可能であった。また STIR 法を併用することで背景信号が強く抑制され、視覚評価において画質劣化を認めず、artery-to-liver contrast はむしろ向上した。このことから PI 法と STIR 法を併用することにより、画質劣化を来さずに撮像時間短縮が可能であると考えられた。 肝動脈の非造影 MRA は撮像時間が長く、それに伴い呼吸や体動による Motion artifact の影響を受けやすい、といった欠点はあるが、昨今の MRI 技術の進歩により飛躍的に画質が向上してきている。腎機能低下や造影剤アレルギーのある症例でも撮像可能であるため、今後は造影検査と相補的な役割を持った検査として臨床応用が期待される。
（論文審査の結果の要旨） 本研究は上腹部領域での非造影 MR angiography (MRA)撮像手法の確立を目的として、True steady-state free-precession (True SSFP)と The time-spatial labeling inversion pulse (Time-SLIP) を併用し、肝動脈の描出能や撮像条件の最適化を検討したものである。 まず健常者 20 人を対象とし、Inversion time (TI)の異なる 4 種類の呼吸同期 3D True SSFP を撮像し、最適な TI 値 (TI は Time-SLIP を印加してから True SSFP を撮像するまでの時間)を検討した。一般に短い TI は背景信号の抑制に適し、長い TI は末梢血管の描出に適するが、結果として TI を 1200ms に設定した際に、定量、定性評価ともに最良な結果が得られ、背景信号の抑制と末梢血管の描出のバランスの取れた画像が得られた。異所性肝動脈などの正常変異も良好に描出可能であったが、約 10 分と長い撮像時間は改善すべき問題点であった。そこで次に、parallel imaging (PI)法と脂肪抑制法的一种である short tau inversion recovery (STIR)法を併用し、画質を維持しつつ撮像時間短縮が可能か検討した。結果、STIR 法の強い背景信号抑制効果により、画質劣化を来すことなく撮像時間を約 6 分にまで短縮可能であった。 これらの研究にて、非造影 MRA により実用的な時間内で肝動脈の選択的な非造影描出が可能であることが示された。本手法は腎機能低下や造影剤アレルギーのある症例でも撮像可能であるため、今後は造影検査と相補的な役割を持った検査として臨床応用が期待される。 以上の研究は、非造影 MRA による血管描出法の改良に貢献し、非侵襲的医療の発展に寄与するところが多い。 したがって、本論文は博士（医学）の学位論文として価値あるものと認める。 なお、本学位授与申請者は、平成 22 年 12 月 15 日実施の論文内容とそれに関連した試問を受け、合格と認められたものである。