

機関番号：14301

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009 年度 ～ 2010 年度

課題番号：21791189

研究課題名 (和文) 中枢神経疾患における心電図同期脳脊髄腔 MR 画像の開発と臨床応用

研究課題名 (英文) Development and clinical application of cardiac-gated cerebrospinal space MR imaging for central nervous system diseases

研究代表者

金柿 光憲 (KANAGAKI MITSUNORI)

京都大学・医学研究科・助教

研究者番号：50378676

研究成果の概要 (和文)：

3T MRI 装置を使用して心電図同期脳脊髄腔 MR 画像撮影を試みた。画質向上のため、parallel imaging 法と頭部専用高感度受信コイル (32ch コイル) を用いて撮影を行った。生体における最適な撮影シーケンスおよび、収縮期・拡張期における最適な心位相での撮影タイミングの決定を試みた。3T MRI の優れた高磁場特性および多チャンネルコイルの併用により、高コントラストおよび高解像度の脳脊髄腔 MR 画像を得ることが可能であった。しかし、心拍動による脳実質の変化は相対的に小さく、脳拍動による脳体積の変化、脳変形の解析は困難であった。収縮期・拡張期における脳実質の変化量は、多くの領域で現時点でのボクセルサイズ以下である可能性が示唆された。サブボクセル以下の変化量を測定することは研究年度内には困難であったため、引き続きシーケンスの改良を進める。脳実質全体の測定は困難であったが、終板は心拍動により可視可能な変化がみられ、過去の報告と一致していた。このような限局的な変化も正常圧水頭症などの脳脊髄液に変化を来しうる疾患では影響を受けている可能性があり、今後その有用性が期待される。

研究成果の概要 (英文)：

Cardiac-gated cerebrospinal fluid space MR imaging was applied on 3T MR machine. High-contrast and high-resolution cardiac-gated cerebrospinal fluid space MR images were obtained with the combination use of a high-field 3T MR machine and a multi-channel head coil. We found that the brain tissue volume change related to cardiac pulsation was relatively small, and analysis of the volumetric and morphological analysis was difficult. Further technical improvement is tried for the future clinical analysis.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 21 年度	2,300,000	690,000	2,990,000
平成 22 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学・放射線科学

キーワード：核磁気共鳴画像, MRI, 心電図同期, 脳脊髄腔

1. 研究開始当初の背景

頭蓋と脊椎管は容積一定の容器であり、脳脊髄実質、血液、脳脊髄液はほぼ一定の容積に維持されている(Monro-Kellie 仮説)。脳脊髄液は心拍に同期して拍動するため、脳槽ドレーン回路内をみると、髄液が心拍に同期して動く様子が確認される。心収縮期には大脳半球は外側に膨張し、大脳皮質静脈を圧迫し、また内側にも膨隆することで脳室を圧迫する。この動きにより脳脊髄液や静脈血の流出がおこるとされる。

脳脊髄圧は水頭症、クモ膜下出血、脳腫瘍、術後脳、特発性低髄圧症候群など様々な病態において上昇、減少することが知られており、脳室、脳槽は拡大、変形が見られる。これまで3次元MR画像を用いた脳脊髄液の体積測定方法やMRシネ画像を用いた脳脊髄流速測定などが試みられてきたが、脳脊髄液と脳実質に対して心拍動がリアルタイムにどのように影響しているかという脳実質の物理的可塑性に関して、また脳脊髄圧が変化しうる様々な疾患においてこの脳実質の物理的可塑性がどのような影響を及ぼしているのかに関しては未だ明らかとなっていない。各病態に特徴的な脳拍動による脳体積の変化、脳変形を非侵襲的な心拍動同期下MRIでとらえることができれば、様々な中枢神経疾患の治療方針や予後の改善に貢献する可能性がある。

これまで心電図同期MR撮影は主に心臓領域の高速撮像法として発展を遂げてきたが、中枢神経領域ではその適応は限られていた⁴⁾。最近出現した3テスラ超高磁場MRI装置とマルチチャンネルコイルの併用により、これまでのMRI装置と比較して信号雑音比の向上と大幅な撮影時間短縮が可能となった。これらの利点を利用した心拍動同期下MRでは高い空間分解能と高い時間分解能を両立させた画像を得ることが可能となり、脳脊髄液拍動によるわずかな脳実質変化をMRでとらえることが期待される。

2. 研究の目的

本研究課題は3テスラ超高磁場MRI装置および高性能32チャンネル頭部受信コイルを用いて、心電図同期を併用した高解像度の心拡張期・収縮期脳MR画像を収集・解析することで、脳拍動による脳体積の変化および脳変形の可視化を目指す。正常圧水頭症を始めとする脳脊髄液動態に異常をきたす様々な頭蓋内疾患の病態解明、診断・治療への応用を実現することを目的とする。

3. 研究の方法

当院倫理委員会に承認された手続きを経て、健常ボランティアに対して3T高磁場MRI装置と32チャンネル受信コイルを用いて収縮期・拡張期の心電図同期脳脊髄腔MRIの撮影を施行した。

脳脊髄液の拍動による脳実質構造や血管構造の微細な変化を定量評価する目的で、収縮期・拡張期の脳脊髄腔および血管・脳実質のわずかな変化をとらえるのに必要な解像度・コントラストを再現性よく描出できる至適撮像条件の決定を行った。

次に、前記検討で導き出された至適撮像条件を用いて、健常例における脳脊髄腔・血管と脳実質それぞれの心拍動による変化を評価した。局所の微小な変化をとらえるには、撮影時の頭部の動きをできる限り抑える必要があるため、厳密な頭部固定を行い、撮影時の頭の動きによる影響の排除を試みた。

異なる心位相のデータを用いて、シネ画像を作成し、解析可能な部位の同定を試みた。

収縮期・拡張期画像の差異はきわめてわずかであり、単なる画像の重ね合わせによる差分画像では正確な拍動の変化をとらえることは困難のため画像データ解析ソフトウェアを用いて、収集された画像の歪みやずれを補正し、複数の心位相データを加算する工夫を試みた。

4. 研究成果

3T MRIの優れた高磁場特性および多チャンネルコイルの併用により、すべてのボランティア撮像において高コントラストおよび高解像度の脳脊髄腔MR画像を得ることが可能であった。

シネ画像を作成することで、心拍動に関連した頭蓋内構造物の動きを視覚的に確認することが可能であった。

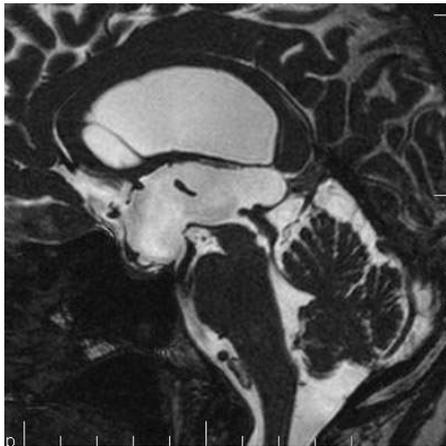
しかし、頭尾方向への物理的な移動量を補正すると、心拍動による脳実質の変化は相対的に小さく、脳拍動による脳体積の変化、脳変形の解析は困難であった。収縮期・拡張期における脳実質の変化量は、多くの領域で現時点でのボクセルサイズ以下である可能性が示唆された。

目的とする定量解析のためには心拍動による脳実質の移動量をボクセルサイズ以上にする必要があり、さらなるシーケンスの改良を試みたが、サブボクセル以下の変化量を測定することは研究年度内には困難であった。このような微小な変化を測定するために引き続きシーケンスの改良を進めるが、より強力なグラディエントコイルの開発などハード面での改良も必要と考えられた。

脳実質全体の測定は困難であったが、終板は心拍動により可視可能な変化がみられ、過去の報告と一致していた。このような限局的な変化も正常圧水頭症などの脳脊髄液に変化を来しうる疾患では影響を受けている可能性があり、今後臨床例における有用性が期待される。

心電図同期脳脊髄腔 MR 画像は既存の撮影技術の延長で撮影可能であり、造影剤の投与なども必要とせず、侵襲性が低い点も大きなメリットである。治療効果判定など頻回な撮影が必要な例にも通常の撮影に追加する形で対応可能である点が優れている。今後、加齢による変化の他、特発性および二次性正常圧水頭症、硬膜下血腫、硬膜外血腫、クモ膜下出血、脳腫瘍、術後脳、特発性低髄圧症候群など比較的高頻度に遭遇しうる中枢神経疾患への病態解明、診断・治療への応用が可能であると考えられる。

中枢神経疾患における高磁場 3T MRI の優位性は疑う余地がなく、現在日本でも多数の 3T MRI 装置が研究目的だけではなく、一般臨床検査として普及しつつある。日常診療でしばしば遭遇する中枢神経疾患の診断・治療への速やかな臨床応用が今後期待される。



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 8 件)

1. Optimization of the number of selectable channels for spine phased array coils for transverse imaging. Moriya S, Miki Y, Yokobayashi T, Yamamoto A, Kanagaki M, Komori Y, Fujimoto K, Ishikawa M. Jpn J Radiol. 2011;29(3):166-70. (査読有)
2. Rice pads reduce geometric distortion

of echo-planar diffusion-weighted images of the cervical spinal cord. Moriya S, Miki Y, Yokobayashi T, Kanagaki M, Komori Y, Fujimoto K, Ishikawa M. Magn Reson Med Sci. 2011;10(1):65-9. (査読有)

3. Hyperintense dentate nucleus on unenhanced T1-weighted MR images is associated with a history of brain irradiation. Kasahara S, Miki Y, Kanagaki M, Yamamoto A, Mori N, Sawada T, Taoka T, Okada T, Togashi K. Radiology. 2011;258(1):222-8. (査読有)
4. Improved CHES imaging with the use of rice pads: Investigation in the neck, shoulder, and elbow. Moriya S, Miki Y, Yokobayashi T, Yamamoto A, Kanagaki M, Komori Y, Fujimoto K, Ishikawa M. J Magn Reson Imaging. 2010;31(6):1504-7. (査読有)
5. Rice and perfluorocarbon liquid pads: comparison of fat suppression effects. Moriya S, Miki Y, Yokobayashi T, Yamamoto A, Kanagaki M, Komori Y, Ishikawa M. Acta Radiol. 2010;51(5):534-8. (査読有)
6. Rice pads: novel devices for homogeneous fat suppression in the knee. Moriya S, Miki Y, Yokobayashi T, Kanagaki M, Komori Y, Ishikawa M. Acta Radiol. 2010;51(2):175-8. (査読有)
7. Spin-echo T1-weighted imaging of the brain with interleaved acquisition and presaturation pulse at 3 T: a feasibility study before clinical use. Kasahara S, Miki Y, Mori N, Urayama S, Kanagaki M, Fushimi Y, Maeda C, Sawamoto N, Fukuyama H, Togashi K. Acad Radiol. 2009;16(7):852-7. (査読有)
8. Susceptibility-weighted imaging at 3 Tesla delineates the optic radiation. Mori N, Miki Y, Kasahara S, Maeda C, Kanagaki M, Urayama S, Sawamoto N, Fukuyama H, Togashi K. Invest Radiol. 2009;44(3):140-5. (査読有)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

金柿 光憲 (KANAGAKI MITSUNORI)

京都大学・医学研究科・助教

研究者番号：50378676