

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：12602

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K10352

研究課題名（和文）頭頸部血管奇形における圧縮センシングの応用

研究課題名（英文）Application of Compression Sensing in Head and Neck Vascular Malformations

研究代表者

栗林 亜実 (KUribayashi, Ami)

東京医科歯科大学・東京医科歯科大学病院・助教

研究者番号：00431932

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,300,000円

研究成果の概要（和文）：頭頸部血管奇形に対して適切な治療を行うには、その病態の正確な診断と治療方法の選択が必要である。特に病変内部の血流速度の評価や支配血管の描出が重要となり、臨床ではMRI、CT、血管造影などによる術前検査が行われている。しかし支配血管の詳細な描出及び特定などには血管造影などのさらなる侵襲的検査が必要であった。そこで今回圧縮センシングを用いたMR angiographyにより、従来の撮像法よりも短時間で高い空間分解能と高い時間軸分解能を持つ画像の取得を可能にし、血管奇形の支配血管の詳細な描出および血流速度の評価を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

圧縮センシングの技術は、部分的なデータから全データによる画像と同等の画像を作成し、高速撮像を可能にする。これによりMRIの撮影時間を短縮する革新的な技術となることが期待され、注目されている。近年圧縮センシングはMRIの技術へ応用され、従来の撮像法よりも短時間で高い空間分解能と高い時間軸分解能を持つ画像の取得が可能になっており、この技術を利用した研究が急速に拡大している。しかし頭頸部、特に口腔領域における圧縮センシングMR angiographyの研究はほとんど行われておらず、撮影条件の最適化は未だ確立されていない。当該研究によりMRIによる頭頸部血管奇形の総合的な病態評価を可能にする。

研究成果の概要（英文）：The appropriate treatment of vascular malformations of the head and neck requires an accurate diagnosis of the disease and the optimal treatment method. In particular, evaluation of blood flow rate within the lesion and delineation of the dominant vessels are important, and in medical practice, preoperative examinations are performed using MRI, CT, and angiography. However, detailed delineation and identification of the dominant vessels require further invasive examinations such as angiography. In this study, we used MR angiography with compressed sensing to obtain images with higher spatial and temporal resolution in a short time than conventional imaging methods, and evaluated the detailed delineation of the dominant vessels and blood flow velocity in vascular malformations.

研究分野：頭頸部画像診断

キーワード：血管奇形 MRI 圧縮センシング

1. 研究開始当初の背景

血管性病変に対して適切な治療を行うには多様な病態を正確に診断し、治療の適応を決定することが必要である。しかし外観、発生部位、年齢、症状などが多彩なため正確な分類が困難であった。しかし1980年代、Mullikenらによって表在性血管性病変の実用的な臨床分類が提唱された。彼らは血管性病変を臨床所見、経過、組織学的所見、細胞学的所見に基づいて、血管腫と血管奇形の2群に分類し、さらに血管奇形をその血行動態により low-flow lesion と high-flow lesion とに分類した。

(表1)

1. 血管腫
2. 血管奇形
(1) low-flow lesion (毛細血管奇形、静脈奇形、リンパ管奇形)
(2) high-flow lesion (動脈奇形、動静脈奇形、動静脈瘻)

血管奇形で選択される治療法は病変内部の血流速度により異なり、high-flow type は経動脈塞栓術や手術による切除が選択され、low-flow type は経皮的硬化療法などが選択されるため両者の鑑別が重要となる。MRI は CT などの他検査と比較して血管奇形の深部病変の広がりを把握する事に優れている。また造影による dynamic MRI は血管奇形の血流が low-flow か high-flow かの鑑別に役立ち、治療効果判定や再発の有無の判定にも有用である。

通常臨床で用いられている MR angiography は撮像時間が長く、血管造影と比較して低い空間分解能や時間分解能などの問題がある。このため dynamic MRI を用いて血管奇形の血流評価は可能となったが、支配血管の詳細な描出及び特定などには gold standard である血管造影をさらに行わなければならないという問題がある。血管造影は動脈穿刺が必要であり侵襲的な検査であるうえ、被曝を伴う。また対象となる患者の多くが若年である。このことから MRI に加え血管造影を行うことは患者の負担増加につながり、放射線被曝に対する十分な配慮が必要となってくる。MRI によって血管造影と同等の評価が可能になるように様々な研究が行われているが、未だ確立されていない。今回我々は圧縮センシングを用いた MR angiography を用いることによりこの問題を解決することを目指した。

2. 研究の目的

圧縮センシング MR angiography により、従来の撮像法よりも短時間で高い空間分解能と高い時間軸分解能を持つ画像の取得を可能にし、MRI 検査で血管奇形の支配血管の詳細な描出および血流速度の評価を可能にすることを目的とする。

今回の研究で用いる圧縮センシングの技術は、部分的なデータから全データによる画像と同等の画像を作成する。全データには画像を作成するためには必要ではない部分データ(実質的に0要素)が含まれている。このような0要素が多い全データをスパースデータと呼び、MRI の撮像においては k 空間の一部のみを取得する。すなわち少ない情報収集(サンプリング)により高速撮像を可能にする。このことから撮影時間が長いことが問題であった MRI の革新的な技術となることが期待され、最近非常に注目されてきている。近年圧縮センシングは MRI の技術へ応用され、従来の撮像法よりも短時間で高い空間分解能と高い時間軸分解能を持つ画像の取得が可能になってきており、この技術を利用した研究が急速に拡大している。しかし頭頸部、特に口腔領域における圧縮センシング MR angiography の研究はほとんど行われておらず、撮影条件の最適化は未だ確立されていない。当該研究により MRI による頭頸部血管奇形の総合的な病態評価を可能にし、頭頸部への圧縮センシングの有効性を示しさらなる発展を目指す。

3. 研究の方法

2019年度

1) 撮影条件の最適化: 圧縮センシング MR angiography は具体的には TWIST-VIBE を用いる。TWIST-VIBE の目的は高い時間分解能の 3D ダイナミック撮像にある。造影 4D-MRA を撮像するための TWIST(time-resolved imaging with stochastic trajectories)法と、3D ダイナミック撮像法である VIBE (volumetric interpolated breath-hold examination) 法を組み合わせ、新しい 3D ダイナミック撮像法である。TWIST は 3D の k 空間を中心部と辺縁部に分け、高い時間分解能で中心部の信号を取得し、その前後に長い間隔で取得した辺縁部の信号と合わせて画像を構成し、時間分解能を高める。また VIBE 法の撮像においてエコーシェアリング型の信号収集をすることによって、さらに高い時間分解能の 3D ダイナミック撮像が可能になる。

2) 圧縮センシング MR angiography を頭頸部領域へ最適化するための工夫
MRI ファントムを用いて中心部の充填率およびフリップアングルを検討し、撮像パラメーターの

最適化を行う。当該施設の機器により TWIST-VIBE の撮影及びデータの収集が可能である事は MRI の製作元である Siemens 社に確認済みである。本学現有の 3T MRI 装置について定期的なメンテナンスを行っており、撮影プロトコルにおいて問題が生じたときの Siemens 社によるバックアップ体制も整っている。

2020、2021 年度

2019 年度に最適化した圧縮センシング MR angiography を用いて、頭頸部血管奇形患者の撮影および収集されたデータの評価を行う東京医科歯科大学の倫理審査委員会の承認のもとインフォームドコンセントの得られた患者を対象にする。得られた画像データを Siemens-Asahi Medical technologies Ltd. が提供するソフトを使用し、造影 MRA から造影前の画像を差し引いたサブトラクション画像を作成し、治療が必要な支配血管の特定、経時的描出および動脈造影形態の評価を行う。ある程度の症例数(目標 20 症例)の評価を基に validation study を行い、評価方法の妥当性を検討する。

今回の研究において頭頸部における圧縮センシング MR angiography による血管奇形の総合的評価方法が確立されることにより、より侵襲的な血管造影を行う必要なく、その診断や治療法の選択、および術後評価に貢献することができると考えている。

4 . 研究成果

2019 年は予定をしていたシーケンスを用いることができなかつたため、異なる圧縮センシングを用いた撮像法を検討した。その結果 TWIST (time-resolved angiography with interleaved stochastic trajectories) を最適化し、頭頸部の 3D ダイナミック撮像法として用いることができるようになった。このことにより撮像間隔が 5 秒以内と高い時間分解能でダイナミック MRI を行うことが可能となった。さらに 3D 撮像法であるため、マルチスライス撮像も可能となった。また造影後に 3D VIBE (volumetric interpolated breath-hold examination) 法を撮影し、サブトラクション画像を作成することにより病変の支配血管の描出を試みた。

2020、2021 年度は 2019 年度に最適化した頭頸部血管奇形患者の撮影および収集されたデータの評価を行った。得られた画像データを Siemens-Asahi Medical technologies Ltd. が提供するソフトを使用し、撮像した画像の頭頸部の血管描出能を向上させるために画像処理を検討した。また画像から得られた血行動態と病理組織診断とを比較した。その結果、血流速度の評価に有用なパラメータを特定でき、血管奇形の病態の診断に有用であった。病理組織学的所見および血管造影の所見をもとに high-flow lesion 3 例と low-flow lesion 22 例 (AVM 3 例、CM 1 例、VM 18 例、LM 3 例) に分類された。大部分の症例は T1 強調像で筋と同等、T2 強調像 (脂肪抑制) において著明で不均一な高信号を示した。1 症例のみ T2 強調像 (脂肪抑制) において高信号を示さなかった。造影後 T1 強調像 (脂肪抑制) では腫瘍の一部のみが造影されているものが 11 / 25 例であった。病変の局在および進展範囲の特定には T2 強調像 (脂肪抑制) が造影後 T1 強調像 (脂肪抑制) よりも優れていた。ダイナミック MRI において動静脈奇形 (AVM) 3、毛細血管奇形 (CM) 1、静脈奇形 (VM) 3 例は急速に造影され T peak は 25 -55 秒で平均値は 36 秒であった。漸増型を示したのは VM 16 例とリンパ管奇形 (LM) 3 例で T peak の平均値は 124 秒であった。LM の増強効果は弱く、病変内部ではなく壁の増強が影響していると考えられた。動脈を含む high-flow lesion は DCE-MRI において急増急減型の特徴的なダイナミックカーブを示した。また T2 強調画像において無信号を示す flow void が見られた。22 例中 18 例の low-flow lesion は漸増型であったが、他の 4 例は AVM と同じように急増型を示した。

病変内部の血行動態に加えて 3D VIBE による支配血管の描出についても検討した。その結果血管をよりよく描出するためにバックグラウンドの処理を行い、血管の抽出を試みたが、3D 撮像法であるためモーションアーチファクトの影響を受けやすく、血管造影の代替となるような画質が得られないものが多数であった。

今回の結果から圧縮センシングを用いた撮像法によって血管奇形の組織型を評価することができ、臨床的に意義のある結果となったが、支配血管の描出に関しては、新しい撮像シーケンスの検討など更なる検討が必要であることが判明した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3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 Kayamori Kou, Tsuchiya Maiko, Michi Yasuyuki, Kuribayashi Ami, Mikami Toshinari, Sakamoto Kei, Yoda Tetsuya, Ikeda Tohru	4. 巻 71
2. 論文標題 Primordial odontogenic tumor occurred in the maxilla with unique calcifications and its crucial points for differential diagnosis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Pathology International	6. 最初と最後の頁 80 ~ 87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pin.13036	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 -

1. 著者名 Asai Sakurako, Nakamura Shin, Kuribayashi Ami, Sakamoto Junichiro, Yoshino Norio, Kurabayashi Tohru	4. 巻 131
2. 論文標題 Effective combination of 3 imaging modalities in differentiating between malignant and benign palatal lesions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology	6. 最初と最後の頁 256 ~ 264
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.oooo.2020.07.011	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 -

1. 著者名 Tran LTX, Sakamoto J, Kuribayashi A, Watanabe H, Tomisato H, Kurabayashi T	4. 巻 48
2. 論文標題 Quantitative evaluation of artefact reduction from metallic dental materials in short tau inversion recovery imaging: efficacy of <i>syngo</i> WARP at 3.0 tesla.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Dento maxillo facial radiology	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) 10.1259/dmfr.20190036	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 1件）

1. 発表者名 栗林亜実、川島桜子、坂本潤一郎、栢森 高、富里 博、倉林 亨
2. 発表標題 口腔症状を主訴とするメトトレキサート関連リンパ増殖性疾患のMR画像について
3. 学会等名 日本歯科放射学会第61回学術大会・第17回定例総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂本潤一郎, 田口美晴, 栗林亜実, 渡邊 裕, 倉林 亨
2. 発表標題 機械学習による歯原性病変のCT鑑別診断支援: アンサンブル分類器の適応とその評価
3. 学会等名 日本歯科放射学会第61回学術大会・第17回定例総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ami Kuribayashi, Junichiro Sakamoto, Kou Kayamori, Sakurako Kawashima, Hiroyuki Harada and Tohru Kurabayashi
2. 発表標題 A case of liposarcoma in the floor of the mouth
3. 学会等名 The 13th Asian Congress of Oral and Maxillo-Facial Radiology (国際学会)
4. 発表年 2022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

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