

令和 3 年 6 月 2 日現在

機関番号：33916

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K07694

研究課題名(和文)高分解能CTAによる頭蓋内細動脈の描出能評価：高精細CTを用いた検討

研究課題名(英文) Visualization of Lenticulostriate Arteries on CT Angiography using Ultra-High Resolution CT Compared with Conventional Detector CT

研究代表者

村山 和宏 (Murayama, Kazuhiro)

藤田医科大学・医学部・准教授

研究者番号：40622931

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：超高精細CTを用いた眼動脈、前脈絡動脈、視床穿通動脈、中大脳動脈穿通枝の描出能に関する検討では、従来型CTと比べ高精細CTで有意に細動脈の描出能が改善された。このことから、脳外科領域で臨床的に重要な細動脈及び静脈系における高精細CTを用いた高分解能CT血管造影の有用性が示された。さらに、ディープラーニングを用いた被ばく低減画像再構成法による高精細CTにおける頭部CTAの画質改善効果の検討では、従来法と比べてディープラーニングを用いた被ばく低減画像再構成法にて有意に微細血管構造のCT値の上昇、画質の改善、アーチファクトの低減が見られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高精細CT装置は、従来型検出器CT装置と比較してより細かい構造の描出が可能である。従来型CTと比べ高精細CTで有意に細動脈の描出能が改善され、脳外科領域で臨床的に重要な細動脈及び静脈系における、高精細CTを用いた高分解能CT血管造影の有用性が示された。

高精細CTでは被ばく線量の増加が懸念されるため、被ばく低減技術の併用が重要となる。ディープラーニングを用いたノイズ成分とシグナル成分を識別し分解能を維持したままノイズを選択的に除去する新しい被ばく低減技術では、従来法と比べて、高精細CTを用いた頭部CTAにおける描出能の改善に寄与する可能性があることが示された。

研究成果の概要(英文)：The newly developed ultra-high resolution CT (UHR-CT), can visualizing small blood vessels more clearly compared with than conventional detector CT (C-CT). We determined if UHR-CTA produced superior images of the lenticulostriate arteries (LSA), compared to C-CTA. UHR-CT provides significantly higher-quality images, compared to the C-CT because of its improved spatial resolution and partial volume effect. UHR-CTA is a simple, noninvasive and easily accessible method to investigate the shape, number and length of lenticulostriate arteries.

In addition, we directly compare the capability for image quality improvements on brain contrast-enhanced CT angiography (CE-CTA) for UHR-CT in intracranial aneurysms patients among deep learning reconstruction (DLR) and hybrid-type iterative reconstruction (IR) and model-based IRs. DLR has a potential for image quality improvements than hybrid-type and model-based IRs on brain CE-CTA for UHR-CT.

研究分野：画像診断

キーワード：高精細CT ディープラーニング

1. 研究開始当初の背景

基底核近傍の脳腫瘍術前や、中大脳動脈付近の脳動脈瘤に対するコイル塞栓術、クリッピング術前において、穿通枝の分岐部や走行を把握することは術後合併症を低減するために重要である。これらの細動脈の評価を行うには DSA を用いることが現在一般的であるが、侵襲的検査法のため合併症のリスクがあり、低侵襲な手法での細動脈の評価法が望まれる。脳血管の画像評価方法には、主に computed tomographic angiography(CTA)、magnetic resonance angiography(MRA)、digital subtraction angiography(DSA)の3種類が知られている。MRAは、造影剤を使わなくともある程度以上の速さの血流を持つ血管を描出できる検査法であり、非侵襲的に血管の病変を描出可能であることから広く臨床で使われている。DSAでは、カテーテル操作や手技による合併症が一定の確率で起きるため、それらのリスクが全くない非造影 MRA は頭蓋内血管のスクリーニング法として優れている。MRAの最大の長所は非侵襲性であるが、MRAは血流の影響を受けやすいために、血管内腔の確実な選択的描出による詳細な血管解剖を得ることは難しい。一方、CTAはヨード造影剤を急速ボラス静注し、注入開始後に動脈優位相で撮影した画像であり、歪みが少なく、頭蓋骨の情報が同時に得られること、MRAのような血流の影響を受けないため画像解釈が容易であること、撮影時間が短いため救急診療で使用しやすいことなどがCTAの長所として挙げられる。CTAはMRAと比べ高い空間分解能を有しているため主幹部動静脈の描出に優れているが、それでも現状の従来型CT装置を用いたCTAでは脳外科手術で臨床的に重要となる穿通枝や分枝末梢などの細動脈を描出することは難しく、侵襲の少ない方法で如何にこれらの頭蓋内細動脈を描出するかが課題となっていた。

世界で初めての0.25mm検出器を搭載した高精細CT装置(TSX-304R)は、0.5mm検出器の従来型検出器CT装置と比較し検出器の面内サイズが1/4となっている。高精細CTを用いた初期検討では、空間分解能の向上と部分容積効果の低減により、微細構造物の描出能が向上することが予測される。中大脳動脈穿通枝の走行を把握することは脳外科手術において臨床的に非常に重要であるが、従来の検査法では描出が困難であった。そこで、この新たに開発された高精細CTを有効に臨床活用できる分野として高分解能CTAに着目し、これを用いて頭蓋内細動脈の描出能を検討する本研究の着想に至った。脳外科手術前ではCTによる画像構築が必須となるため、CTAでの描出法とその精度検証が必要である。本研究は、その臨床的ニーズに応じて、高精細CTによる高分解能CTAを用いて細動脈の描出能を検討する初の試みである。

2. 研究の目的

キヤノンメディカルシステムズと国立がん研究センターによって2005年に人体対応型超高精細CT装置が共同開発された。この高精細CT装置は従来と比べ1/4サイズの検出器を有しており、細かい人体構造の評価を可能にした。その後薬事承認を取得した高精細CT装置(TSX-304R)プロトタイプ機が2015年に

リリースされ臨床応用が可能となった。このプロトタイプ機を用いたこれまでの我々の検討では、高精細 CT による高分解能 CTA を用いて眼動脈、前脈絡動脈、視床穿通動脈を視覚的に評価し、従来型 CT では描出が困難な細動脈の描出能が改善されることを確認した(超高精細 CT 装置の初期臨床経験. 永田, 村山ら, 映像情報 Medical 49 巻 8 号 Page130-135, 2017)。そこで、今回我々はこれまでの研究の発展系として、臨床的に重要な中大脳動脈穿通枝を対象とし、視覚的および定量的に細動脈の描出能を検討する。我々の検討の結果によって、脳外科領域の術前検査における高分解能 CTA の有用性や臨床的意義が示されることが予想される。

3. 研究の方法

a. 撮影方法

- (ア) 高精細CT装置(TSX-304R, 東芝メディカルシステムズ): スライス厚;0.25mm, 列数;128列, 撮影モード;ヘリカルスキャン, 管電圧;135kV, 管電流;自動設定, 回転時間;1秒, ビームピッチ;0.625, マトリクス画像再構成;1024 × 1024
- (イ) 320列エリアディテクターCT(Aquilion ONE, 東芝メディカルシステムズ): スライス厚;0.5mm, 列数;320列, 撮影モード;ノンヘリカルスキャン, 管電圧;120kV, 管電流;自動設定, 回転時間;1秒, マトリクス画像再構成;512 × 512
- (ウ) ヨード造影剤: Iopamidol 370(mgI)を末梢の静脈(可能な限り右上肢の静脈)からfractional dose 25.0[mgI/kg/sec], 10秒で急速注入した後, 生理食塩水30[mL]を造影剤の注入条件と同じ速度でflushし、real prep法を用いて撮影する。

b. 画像作成方法

上記条件により撮影したデータを逐次近似再構成法の応用技術の一種であるAIDR 3Dを用いることで画像を作成する。

c. 評価方法:

- (ア) 定量評価: 従来型CT及び高精細CTを用いて撮影した高分解能CTAの冠状断の20mmスライス厚MIP像(maximum intensity projection)を作成する。中大脳動脈穿通枝の近位部、遠位部でリファレンス線を描画しプロファイリングカーブを作成する。関心領域内の平均CT値を基準に、基準値より高いCT値で形成されるピーク数を穿通枝の本数としてカウントする。定量評価にはCT装置付属および画像解析ワークステーションの解析ツールを用いる。
- (イ) 従来型CT、高精細CT、DSAで描出された穿通枝について、定性的、定量的に評価し、統計解析で有意差検定を行う。
- (ウ) 被ばく線量: 被ばく線量評価の指標としてCTDI vol(computed tomography dose index)、DLP(dose-length product)を用いる。

4. 研究成果

0.25mm 検出器を搭載した高精細 CT 装置は、従来型検出器 CT 装置と比較してより細かい構造の描出が可能である。この技術を応用した頭部領域における眼動脈、前脈絡動脈、視床穿通動脈、中大脳動脈穿通枝の描出能に関する検討では、従来型 CT と比べ高精細 CT で有意に細動脈の描出能が改善されることを確認した。これらのことから、脳外科領域で臨床的に重要な細動脈及び静脈系における高精細 CT を用いた高分解能 CT angiography (CTA)の有用性が示された。

高精細 CT では被ばく線量の増加が懸念されるため、被ばく低減技術の併用が重要となる。被ばく低減画像再構成技術には、従来までの手法として統計学的ノイズモデルなど各種モデルを組み込んだ Hybrid type iterative reconstruction (Hybrid-type IR), 種々のモデルを用い、順投影による繰り返し処理によって、低線量の投影データでも最適な画質を得ることができるアルゴリズムである Model Based Iterative Reconstruction (Model-based IR) がある。さらに、近年開発された被ばく低減技術である、ディープラーニングを用いたノイズ成分とシグナル成分を識別し分解能を維持したままノイズを選択的に除去する再構成技術 (deep learning reconstruction; DLR) がある。ディープラーニングとは、ディープニューラルネットワーク (DNN) を用いてコンピュータに学習させる機械学習の手法のひとつである。これらの被ばく低減画像再構成法による、高精細 CT における頭部 CTA の画質改善効果の検討では、Hybrid-type IR, Model-based IR と比べて DLR にて有意に微細血管構造の CT 値の上昇、画質の改善、アーチファクトの低減が見られた。以上のことから、新しい被ばく低減画像再構成法である DLR は、従来法と比べて、高精細 CT を用いた頭部 CTA における描出能の改善に寄与する可能性があることが示された。

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 1件）

1. 著者名 K Murayama, S Suzuki, H Nagata, J Oda, I Nakahara, K Katada, K Fujii, H Toyama	4. 巻 41
2. 論文標題 Visualization of Lenticulostriate Arteries on CT Angiography Using Ultra-High-Resolution CT Compared with Conventional-Detector CT.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 American Journal of Neuroradiology	6. 最初と最後の頁 219-223
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3174/ajnr.A6377	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Nagata Hiroyuki, Murayama Kazuhiro, Suzuki Shigetaka, Watanabe Ayumi, Hayakawa Motoharu, Saito Yasuo, Katada Kazuhiro, Toyama Hiroshi	4. 巻 37
2. 論文標題 Initial clinical experience of a prototype ultra-high-resolution CT for assessment of small intracranial arteries	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Radiology	6. 最初と最後の頁 283 ~ 291
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11604-019-00816-4	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 Matsukiyo R, Ohno Y, Matsuyama T, Nagata H, Kimata H, Ito Y, Ogawa Y, Murayama K, Kato R, Toyama H	4. 巻 39
2. 論文標題 Deep learning-based and hybrid-type iterative reconstructions for CT: comparison of capability for quantitative and qualitative image quality improvements and small vessel evaluation at dynamic CE-abdominal CT with ultra-high and standard resolutions.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Radiology	6. 最初と最後の頁 186-197
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11604-020-01045-w	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4件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Kazuhiro Murayama, Hiroyuki Nagata, Junpei Oda, Ichiro Nakahara, Kazuhiro Katada, Kenji Fujii, Hiroshi Toyama
2. 発表標題 Diagnostic Performance of CT Angiography for Middle Cerebral Artery Perforator using Ultra-High Resolution CT
3. 学会等名 第77回日本医学放射線学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuhiro Murayama, Hiroyuki Nagata, Akio Katagata, Kazuhiro Katada, Kenji Fujii, Hiroshi Toyama
2. 発表標題 Feasibility of 3-Dimensional CT Venography using Ultra-High Resolution CT for Visualizing Cerebral Veins and Venous Sinuses: Compared with Conventional Detector CT
3. 学会等名 第25回欧州放射線医学会(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Murayama K, Ohno Y, Nomura M, Kimata H, Akino N, Fujii K, Hanamatsu S, Ikeda H, Kataoka Y, Katagata A, Doi Y, Matsumoto R, Toyama H
2. 発表標題 Deep Learning Reconstruction vs. Hybrid-Type Iterative Reconstruction vs. Model-Based Iterative Reconstruction: Capability for Image Quality Improvement on Brain Contrast-Enhanced CT Angiography
3. 学会等名 第106回北米放射線学会(国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村山和宏, 大野良治, 野村昌彦, 木全洋奈, 秋野成臣, 藤井健二, 花松智武, 池田裕隆, 外山宏
2. 発表標題 Deep Learning Reconstructionを用いた頭部CTAの画質改善に関する検討
3. 学会等名 第50回日本神経放射線学会
4. 発表年 2021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	外山 宏 (Toyama Hiroshi) (90247643)	藤田医科大学・医学部・教授 (33916)	

6. 研究組織（つづき）

	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	中原 一郎 (Nakahara Ichiro) (80252451)	藤田医科大学・医学部・教授 (33916)	
研究分担者	小田 淳平 (Oda Junpei) (30630040)	藤田医科大学・医学部・講師 (33916)	

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