

平成 30 年 5 月 10 日現在

機関番号：32653

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26460733

研究課題名(和文)ファントム実験によるCT Perfusion技術の定量性の確立

研究課題名(英文)Quantification of CT perfusion with phantom experiment

研究代表者

鈴木 一史 (Suzuki, Kazufumi)

東京女子医科大学・医学部・准講師

研究者番号：70366342

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：頭部CT perfusionを模した実験を行うため、独自設計のファントムを製作した。これを用いた流量の理論値と実験で得られた実測値を比較し、良好な定量性を得た。CT撮影時の管球線量、撮影間隔などの要素を変化させた場合の定量性への影響について評価した。また、新たな撮像アルゴリズムの臨床例を定量性の面から評価した。これらの成果は国内外の学会発表(欧州放射線会議、日本神経放射線学会など)、英文・和文の論文発表(いずれも査読付き専門誌)により報告した。研究期間の終了時点で、北米放射線学会および日本放射線技術学会などに複数の演題を応募しており、今後も論文発表を含めた成果の報告を続ける予定である。

研究成果の概要(英文)：We made a hollow-fiber phantom for computed tomography perfusion that has the theoretical absolute values of perfusion indices. We investigated quantitative effect of tube current, scan interval, and perfusion analysis algorithm. We reported our result in domestic and international scientific meeting such as European Congress of Radiology, and we published some articles in journals such as Japanese Journal of Radiology. Our fruits were used to optimizing our scan protocols and to reduce radiation dose on patients while maintaining quantitative accuracy. We are continuing reporting our achievement.

研究分野：脳卒中

キーワード：CT CT perfusion 定量性 ファントム 脳血流 脳卒中 画像診断

1. 研究開始当初の背景

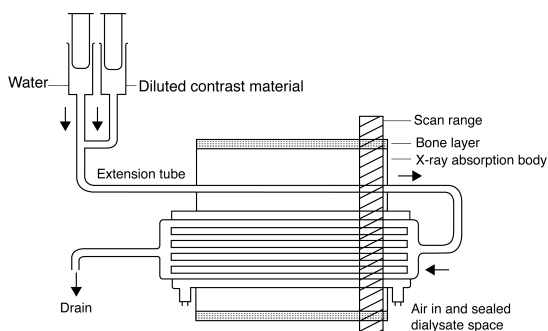
CT perfusion は脳血流を短時間に計測することができ、急性期脳卒中における再灌流療法のターゲットである虚血性ペナンプラを評価することができるとして期待されている。しかしその測定値の定量性や、データの解釈については、議論が続いている。定量性の議論が難しいのは、検査で得られた測定値について真の値がわからないためである。定量的な真の値を与えることができるファントムを用いることで、CT perfusion 検査の定量性を検証することができる考えた。

2. 研究の目的

CT perfusion の検査において定量的な真の値を与えることができるファントムを制作し、検査の定量的信頼性を検証する。撮影条件を変化させた場合の定量性への影響を検証し、撮影プロトコルを最適化する。解析アルゴリズムの違いによる影響を検証し、撮像されたデータの臨床的解釈を検討する。

3. 研究の方法

CT perfusion における脳血流測定を模したファントムを作成した。このファントムは透析用ダイアライザーを流用した中空糸カラムと、それを囲むエックス線吸収体で構成される。エックス線吸収体は頭蓋と同じ直径の円筒形であり、エックス線吸収率は骨および低電圧 CT 条件下における脳実質と同じに調整した。

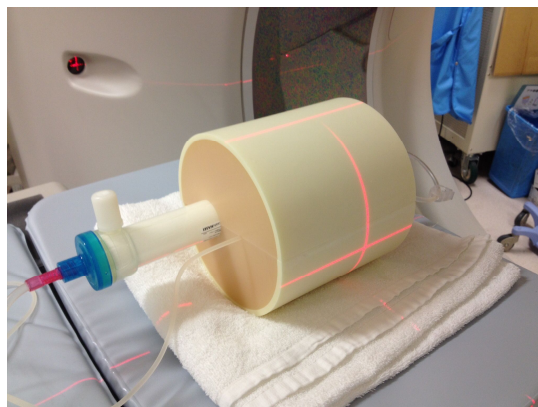


このファントムに一定の条件で造影剤のボラスを流した場合の理論的な脳血流パラメータは、理論的に算出することができる。この値を実際の CT 装置で撮影および解析をした測定値と比較することで、定量性の精度を検証することができる。

CT perfusion のエックス線量を減らす方法

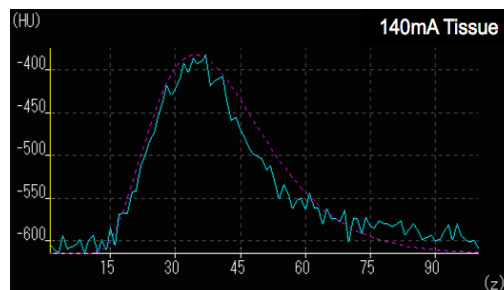
としては、CT 装置の管電流を下げる方法と、多時相撮影の撮影間隔を延長する方法がある。それぞれの場合について、測定値がどのように変化するかを検討した。

また、CT perfusion にはいくつかの解析アルゴリズムがあり、いずれのアルゴリズムが定量性において優れているかを検討する上で、基礎的な測定値の傾向を知ることができると考えられた。



4. 研究成果

CT perfusion は脳血流量 CBF に加えて、脳血液量 CBV や平均通過時間 MTT、ピーク到達時間 TTP など、複数のデータを算出することができる。これらの指標のうち、CBF や MTT はエックス線を減らした低線量条件下で定量性が悪くなるが、CBV は比較的安定しており、臨床評価に向いていると考えられた。低線量条件により定量性が変化する理由としては、低線量の条件では造影効果による組織濃度の変化に対して背景のノイズ量が大きくなるため、ピークカーブの範囲が過小評価され、平均通過時間 MTT が過小評価されるためと考えられた。



また、撮影間隔をのばすことでも検査全体のエックス線量を減らすことができるが、その場合でも CBV は安定した定量性を示していた。CBV は脳組織の血管床の大きさをそのまま反映しており、脳卒中や脳腫瘍、てんかんなどの鑑別に用いることができ、臨床診断に

においても重要な役割を果たす。その定量性が安定していることが確かめられたのは重要な結果であった。CBF はしばしば脳血液灌流の指標として用いられるが、CBV や MTT から求められる二次的な指標であるため、条件を変えたときの振る舞いが直線的ではなく複雑であることがファントム実験からわかった。このため、定量性が保証される明確なしきい値は存在しないと考えられた。CBF の定量性そのものも悪く、虚血性ペナンプラなどの臨床診断に CBF を用いるのは適当ではない可能性が示された。

CT perfusion の解析アルゴリズムに既存の deconvolution 法ではなくベイズ推定法を用いることで、CBF や MTT の低線量条件における定量性が改善することが示された。ベイズ推定法では TTP よりも MTT の方が虚血性病変を明確に指摘できることもわかったが、これは脳血液灌流の基礎理論により近い結果であり、より好ましい解析アルゴリズムであると考えられた。

われわれはこれらの検討をもとに低線量で定量性がよく、臨床的な運用も容易となる撮影パラメータを構築した。折良く急性虚血性脳卒中に対する発症後 24 時間以内の血管内治療が米国のガイドラインにおいて承認されたが、その条件としては CT perfusion で再灌流による治療効果が見込まれる可逆的な虚血性病変であるミスマッチペナンプラの有無を確認することである。これにより脳卒中に取り組む施設では必然的に CT perfusion を運用する必要が生じるため、被曝が少なく信頼できる検査方法と診断方法についての臨床的なニーズが急速に高まっており、学会発表や英語論文などを通じて我々の成果を発信することにより、急性期脳卒中の診療の質的向上に世界的に貢献できたと考えている。

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 5 件)

Hiroyuki Hashimoto, Kazufumi Suzuki, Eiji Okaniwa, Hiroshi Iimura, Kayoko Abe, Shuji Sakai

The effect of scan interval and bolus length on the quantitative accuracy of cerebral computed tomography perfusion analysis using a hollow-fiber phantom. Radiological Physics and Technology. 査読あり、vol. 11, 2018, pp. 13-19

DOI: 10.1007/s12194-017-0427-0

Kazufumi Suzuki, Hiroyuki Hashimoto, Eiji Okaniwa, Hiroshi Iimura, Shingo Suzaki, Kayoko Abe, Shuji Sakai

Quantitative accuracy of computed tomography perfusion under low dose conditions, measured using a hollow fiber phantom. Japanese Journal of Radiology、査読あり、vol. 35, 2017, pp. 373-380

DOI: 10.1007/s11604-017-0642-y

岡庭 栄治, 橋本 弘幸, 鈴木 一史, 飯村 浩, 須崎 真悟, 阿部 香代子, 江島 光弘, 坂井 修二

CT perfusion 検査のための中空糸ファントムの製作. 日本放射線技術学会雑誌、査読あり、vol. 73, 2017, pp. 128-132

DOI: 10.6009/jjrt.2017_JSRT_73.2.128

Sasahara Atsushi, Suzuki Kazufumi, Takahashi Yuichi, Koseki Hirokazu, Hirota Kengo, Ohbuchi Hidenori, Kasuya Hidetoshi

Prognostic assessment of aneurysmal subarachnoid hemorrhage patients with WFNS Grade V by CT perfusion on arrival. World Neurosurgery、査読あり、vol. 92, 2016, pp. 1-6

DOI: 10.1016/j.wneu.2016.04.097

飯村 浩, 舟貝 拓也, 平野 友章, 本柳 嘉信, 江島 光弘, 壺井 美香, 鈴木 一史, 坂井 修二

脳灌流解析の定量性検証用血流モデルの構築. 日本放射線技術学会東京支部雑誌、査読あり、vol. 128, 2015, pp. 8-10

http://jsrt.tokyo/tokyo_bukai/doc/tokyobukai-hyoushou-report2015.pdf

[学会発表](計 6 件)

SUZUKI Kazufumi, Abe Kayoko, IIMURA Hiroshi, et al. Quantitative comparison between Bayesian and standard deconvolution algorithms for low-dose cerebral computed tomography perfusion. European Congress of Radiology, 2018

Hiroyuki Hashimoto, Suzuki Kazufumi, et al. Evaluation of model-based iterative reconstruction on quantitative cerebral CT

perfusion. Japan Radiology Congress, 2018

鈴木一史、阿部香代子、他. 補助人工心臓症例における脳 CT perfusion 検査の最適化. 日本神経放射線学会, 2018

Hiroyuki Hashimoto, Hiroshi Iimura, Kazufumi Suzuki, et al. The effect of scan interval and bolus length on precision of CT perfusion analysis; a study using hollow-fiber phantom. Japan Radiology Congress, 2016

鈴木一史、飯村浩、阿部香代子、他. 中空糸を用いた CT Perfusion のための定量的ファントムの評価. 日本神経放射線学会, 2016

Imura Hiroshi, Suzuki Kazufumi, Sakai Shuji. Effect of image noise on low-dose CT perfusion analysis; verification with a digital phantom. Radiological Society of North America (RSNA) Scientific Assembly and Annual Meeting, 2014

6 . 研究組織

(1)研究代表者

鈴木 一史 (SUZUKI, Kazufumi)
東京女子医科大学・医学部・准講師
研究者番号：7 0 3 6 6 3 4 2

(2)研究分担者

阿部 香代子 (ABE, Kayoko)
東京女子医科大学・医学部・講師
研究者番号：0 0 3 1 8 0 4 9

飯村 浩 (IIMURA, Hiroshi)
東京女子医科大学・医学部・放射線技師
研究者番号：2 0 7 3 7 3 7 4