

令和 4 年 5 月 30 日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K07728

研究課題名(和文) 低速血流にも対応する 4D flow 法による血流評価

研究課題名(英文) The value of 4D flow with dual VENC for evaluating blood flow

研究代表者

奥田 茂男 (Okuda, Shigeo)

慶應義塾大学・医学部(信濃町)・准教授

研究者番号：30233456

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：流速閾値(Velocity Encoding: VENC)を高速と低速域に同時に対応できるdual VENC法を用いて末梢肺動脈の評価を行う計画であったが位置ずれなどの理由により、実用化は困難であった。一方、慢性肺血栓塞栓症を対象とした検討では、肺動脈本幹内での渦流継続時間と平均肺動脈圧との良好な相関が観察されたが、サイズの大きな渦流や、逆流率が多い場合には、予測からはずれる傾向にあり、留意すべき点と考えられた。また、ファロー四徴症術後症例を対象に、肺動脈内の逆流率の計測結果は計測断面に依存することが明らかとなった。肺動脈弁直上、あるいは末梢側で、渦の影響が少ないことを確認する必要がある、

研究成果の学術的意義や社会的意義

肺高血圧の推定を非侵襲的に行える可能性を示した。ただし、渦流の大きさや逆流率の多さにより影響を受ける可能性があるなど、留意すべき点も明らかにした。また、これまで血流計測を行う断面の選択は「血管に対して垂直」という項目のみであったが、渦流など血流の状態を把握したうえで決めることが重要であり、より正確なMRI血流計測を行う注意点を明らかにすることができた。

研究成果の概要(英文)：We planned to evaluate the flow in the peripheral pulmonary arteries (PA) with dual velocity-encoding (VENC) 4D Flow sequence for adapting to flow speed in the wide range. However, the measurement was inaccurate due to misregistration between two sequences with different VENC. As a next step, we applied 4D Flow with single VENC to measure the vortex duration (Tvx%) and compared it to the mean PA pressure (mPAP) derived from the right heart catheter on the patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension (CTEPH). There was a good correlation between Tvx% and mPAP. In the patients with large vortex and/or pulmonary regurgitation, the substantial difference was observed. In patients after the repair of tetralogy of Fallot, we found the substantial difference depending on the measuring plane. We recommend immediately above the pulmonary valve or peripheral in the main PA as the best location for measuring the regurgitation fraction of the pulmonary valve.

研究分野：MRI診断

キーワード：4D Flow 肺高血圧症 慢性肺血栓塞栓症

1．研究開始当初の背景

- (1)MRI における 4D-Flow 法による血流動態解析は、撮像時間がかかることで臨床利用が制限されていたが、高速撮像法の導入により撮像時間が5分～8分に短縮され、利用範囲が拡大した。
- (2)MRI による血流解析で良好な結果を得るためには、至適な血流検出の閾値(velocity encoding: VENC)を設定する必要がある。このため、高速血流と低速血流に同時に対応することは困難であった。
- (3)VENC を2種類設定する、dual VENC 法が開発され、高速血流と低速血流の検出に同時に対応できるようになることが期待された。
- (4) 従来、肺動脈血流解析において血流量や逆流率の正確性に疑義が生じていた。一方で、肺動脈の渦流継続時間が平均肺動脈圧とよい相関にあることが報告されていた¹⁾。

2．研究の目的

- (1)Dual VENC 法により、肺動脈の近位と遠位の血流評価を同時に行えるようにすること。
- (2)シャントのない例において、肺動脈と上行大動脈との血流量乖離の原因を探り、その解消法を確立すること。
- (3)肺動脈内の渦流継続時間による、平均肺動脈圧推測の現実性について検討すること。

3．研究の方法

- (1)4D Flow は、GE ヘルスケア社製 3T または 1.5T 装置を用いて撮像し、画像データを後処理装置 (Flova, R-Tech 社製) に転送し、血流図を作成した。
- (2)5名の健常者の肺動脈に対して、Dual VENC 法を用いた 4D Flow を撮像して、2次分枝の血流計測を行った。
- (3)ファロー四徴症後 32 症例において 4D Flow を撮像し、肺動脈血流量と逆流率を計測して、上行大動脈血流量と比較した。
- (4)慢性肺高血圧症 12 症例に対して 4D Flow を撮像し、渦流継続時間を計測し、後日行われた右心カテーテル検査と比較し、相関を検討した。

4．研究成果

- (1)今回用いた dual VENC 法は、ふたつの VENC 設定のもとで別々に撮像する手法であり、画像を融合する必要があった。呼吸同期を併用できないため画像に空間的ずれが生じ、近位(高速)と遠位(低速)を同時に表現して解析することは困難であった。今後、撮像法におけるさらなる高速化と呼吸同期併用の導入が期待される。

(2)肺動脈本幹に沿って撮像断面を複数設定して計測を行ったところ、計測された血流量と逆流率は部位により大きく異なった。その一例を図1に示す。肺動脈弁直上と遠位(左右分岐手前)における逆流率が最も少なく計測された。肺動脈内に逆流が存在する場合は、その影響を最小限とするため、肺動脈弁直上における計測が推奨されると考えられた。

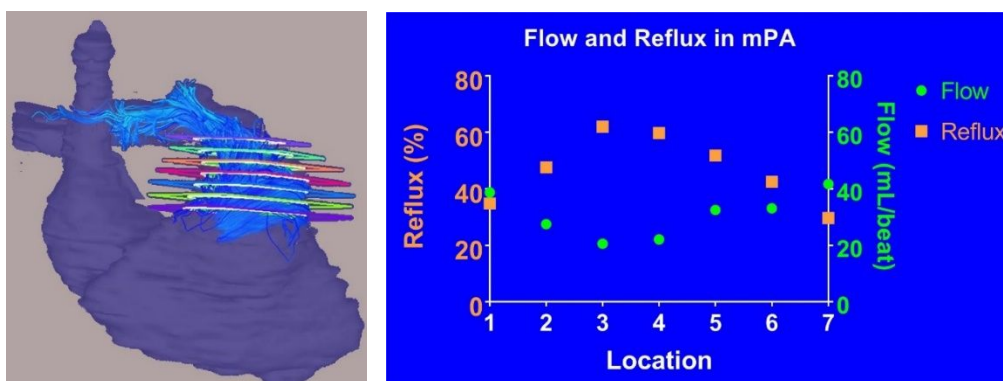


図1 肺動脈血流計測断面と流量・逆流率の計測結果

(3)慢性肺高血圧症において、4D Flow法で計測された渦流継続時間割合と、平均肺動脈圧との間には良好な相関が認められたが、大きな渦流が観察される場合や、肺動脈弁に多い逆流が認められる場合には、相関からずれる可能性も示された(図2,3)。渦流継続時間割合が必ずしも平均肺高血圧を正確に予測できるわけではなく、例外が生じうることを認識する必要があると考えられた。

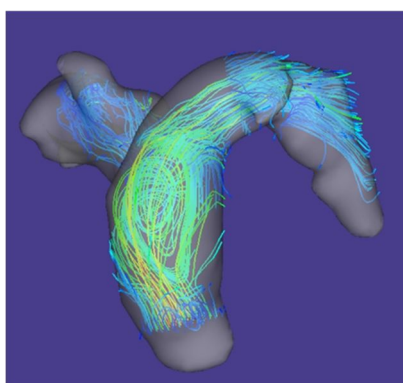


図2 肺動脈内の渦流

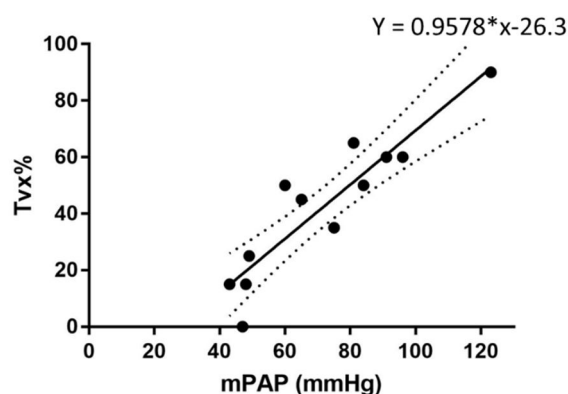


図3 平均肺動脈圧(mPAP)と渦流継続時間割合(Tvix%)の相関

<引用文献>

Reiter G, Reiter U, Kovacs G, Olschewski H, Fuchsjäger M, Blood flow vortices along the main pulmonary artery measured with MR imaging for diagnosis of pulmonary hypertension. Radiology. 2015;275(1):71-9.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 岩下憲行、前田潤、山岸敬幸、奥田茂男
2. 発表標題 4D flowを用いたFallot四徴症心内修復術後（TOF p.o.）の右室流出路血流の測定
3. 学会等名 第13回血流会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 奥田茂男、松本俊亮、鈴木達也、田村 全、山田祥岳、藤代力也、川上 崇、陣崎雅弘
2. 発表標題 非層流の速度計測におけるパラドックス1 - 拡張した肺動脈における血流評価 -
3. 学会等名 第2回 4D Flow 研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shigeo Okuda
2. 発表標題 Cardiovascular MRI: Up-to-date-Imaging and Measuring-
3. 学会等名 CME Science, Imaging Update on Maui（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 奥田茂男、鈴木竜也、松本俊亮、山田祥岳、岩下憲行、前田潤、山岸敬幸、陣崎雅弘
2. 発表標題 ファロー四徴症における血流計測：肺動脈と上行大動脈における乖離について
3. 学会等名 第78回日本医学放射線学会総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤代力也、布川嘉喜、井上政則、奥田茂男、陣崎雅弘、野崎敦
2. 発表標題 4D Flow における大動脈ステントグラフトのアーチファクトについて
3. 学会等名 第1回 4D Flow研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤代力也、布川嘉喜、渡部敏男、奥田茂男、井上政則、藤原広和、陣崎雅弘、野崎敦
2. 発表標題 大動脈ステントグラフトが 4D Flow に及ぼす影響：基礎的検討
3. 学会等名 第47回日本磁気共鳴医学会大会
4. 発表年 2019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	松本 俊亮 (Matsumoto Syunsuke) (20573281)	慶應義塾大学・医学部(信濃町)・助教 (32612)	
研究分担者	山田 祥岳 (Yamada Yoshitake) (60383791)	慶應義塾大学・医学部(信濃町)・講師 (32612)	
研究分担者	陣崎 雅弘 (Jinzaki Masahiro) (80216259)	慶應義塾大学・医学部(信濃町)・教授 (32612)	

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
---------	---------