



Intra-left ventricular flow dynamics in patients with preserved and impaired left ventricular function: Analysis with 3D cine phase contrast MRI (4D-Flow)

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 浜松医科大学 公開日: 2019-11-22 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 諏訪, 賢一郎 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10271/00003660

博士（医学） 諏訪 賢一郎

論文題目

Intra-left ventricular flow dynamics in patients with preserved and impaired left ventricular function: Analysis with 3D cine phase contrast MRI (4D-Flow)

(左室機能維持患者と低下患者における左室内血流動態の検討: 3 次元シネ位相コントラスト MRI (4D-Flow) を用いた解析)

論文の内容の要旨

〔はじめに〕

左室内血流は複雑であり、左室構造や機能により影響を受ける。近年、既存の画像診断である超音波や二次元 MRI 速度マッピングを用いて、正常または拡大した左室についての少人数コホートにおける検討が行われてきた。これに加えて 3 次元シネ位相コントラスト MRI (4D-Flow) が注目されており、各時相における流体ベクトルを連結させた流線や、血液粒子の動きを追跡して表示する流跡線等で空間的・時間的に流体を表現することが可能になった。しかし左室容積や機能の左室内血流動態に対する影響は不明である。本研究では左室内渦流の特徴について不全心と正常機能心での違いについて検討し、また左室容積や機能との相関について検討した。

〔患者ならびに方法〕

4D-Flow を含む心臓 MRI を撮像された 132 名から、不均一な左室収縮、高度弁膜症、期外収縮頻発を呈する患者は除外し、さらに駆出率 > 60% の 21 名（左室機能正常群）と駆出率 < 40% の 14 名（左室機能低下群）を抽出し登録した。4D-Flow を行った 9 名の健康なボランティアを正常コントロールとした。この研究はヘルシンキ宣言に基づいて浜松医科大学臨床研究倫理委員会の承認のもと行われ、被検者全員より同意を取得した。

MRI は General Electric (GE) 社製 3 テスラ装置を用い、2D-Fast imaging employing steady-state acquisition によるシネ、inversion recovery prepared fast gradient echo による遅延造影を撮像した。4D-Flow については、3 次元速度ベクトルデータを時相毎に収集した。遅延造影像と 4D-Flow 撮影にはガドリニウム (Gd-DTPA: diethylenetriamine penta-acetic acid) 造影剤を用いた。シネ画像から左室拡張・収縮末期容積、駆出率、左室重量、左室の真球度、最大充満率、また遅延造影像から遅延造影出現率を計測した。4D-Flow 解析には Flova (R'-Tech 社) を用いて流線を描出し、左室渦流の発生タイミング、位置、形態、大きさを評価した。左室流入血流ベクトルの評価には左室基部を横断する面の in-out モード画像を用いた。

〔結果〕

左室機能正常群の心不全機能 (NYHA) 分類は I 又は II が中心であったのに対し、左室機能低下群では III 又は IV が主であった。N 末端プロ脳性ナトリウム利尿ペプチドは左室機能低下群で有意に高値であった ($p < 0.001$)。左室機能正常群に比し左室機能低下群においては、左室拡張・収縮末期容積 ($p < 0.001$)、左

室重量 ($p < 0.001$)、左室真球度 ($p < 0.01$) は有意に高値であり、駆出率 ($p < 0.001$) と最大充満率 ($p < 0.001$) は優位に低値であり、遅延造影の出現率 ($p < 0.01$) も優位に高かった。

正常左室機能例の左室内渦流は、拡張早期より僧帽弁直下に形成され心尖部に移動しながら消失するが、拡張後期に僧帽弁直下に明瞭に再形成された。左室機能低下群の渦流は拡張早期から心尖部寄りに大きく形成され、約半数 (8 例: 57%) で収縮期まで持続した。左室機能低下群では、房室接合部から渦中心までの距離が有意に長く ($p < 0.001$)、渦サイズは長軸長 ($p < 0.01$)・横断長 ($p < 0.001$)、また左室サイズとの面積比 ($p < 0.001$) が有意に大きく、渦の真球度 ($p < 0.01$) は有意に高かった。正常コントロールでは左室機能正常群と類似の渦流が形成された。渦中心までの距離は、左室拡張末期容積と正の相関、また駆出率、楕円率、最大充満率と負の相関を認めた。渦面積も同様に左室拡張末期容積と正の相関、駆出率、楕円率、最大充満率とは負の相関を認めた。

拡張期に房室接合部からの血液粒子追跡を行うと、左室機能正常群では心尖部まで到達するものは 5 例 (24%) で、左室中部までしか到達しないものが 16 例 (76%) であったのに対し、左室機能低下群では心尖部まで到達するものが 9 例 (64%) で、左室中部までしか到達しないものが 5 例 (36%) であった ($p < 0.05$)。

収縮期に心尖部からの血液粒子追跡を行うと、左室内を旋回する血流は、左室機能低下群では 10 例 (71%) に認めたが、左室機能正常群では 5 例 (24%) のみであった ($p < 0.05$)。左室心尖部と流出路での血流速度は 2 群間で差を認めなかったが、上行大動脈での血流速度は左室機能低下群で有意に低値であった ($p < 0.001$)。

[考察]

4D-Flow の利点は、心血管の 3 次元的に血流評価が可能である点、任意の部位の血流解析が可能な点である。心血管の形態、機能情報に血行動態の情報を付加することにより、様々な心疾患の病態解明が発展すると類推される。

先行研究と同様、本研究においても左室機能正常群とコントロール群で拡張早期・後期に左室内に渦流が形成され、拡張後期の方が大きな渦流を形成した。In-out モード画像で流入血流ベクトルが拡張末期に後下壁方向にずれていくことが示されたが、これは左房収縮による流入血流が後下壁方向に向いているために生じ、拡張末期の方が大きく明瞭な渦流を形成する一因となっていると推察した。拡張期渦流の意義としては、エネルギー保存と収縮期の駆出に向けての方向転換に寄与していると推察している。Bermejo らも渦流形成に伴う、より高い運動エネルギーについて報告しているが、左室機能低下例でもエネルギー保存の見地から拡張期渦流は重要な役割を果たしていると考えられる。一方、収縮期渦流は効率的に大動脈に駆出できていないことを示していると考ええる。このように、左室内渦流の解析を行うことは、血行動態上の機能障害を評価する点で臨床的意義があると考えられる。

[結論]

左室機能正常例と低下例において、左室内の渦流の特徴が異なることを

4D-Flow を用いて示した。さらなる研究により、生理学的・病理学的な側面からの左室内渦流の解明が進むことが期待される。