

## 第 2 回日本小児心臓 MR 研究会学術集会を開催するにあたって

第 2 回日本小児心臓 MR 研究会学術集会

会長 稲毛 章郎

榊原記念病院 小児循環器科

この度、第 2 回日本小児心臓 MR 研究会学術集会を開催させて頂くこととなりました。当会は、2016 年に学会員を中心とする有志で心臓 MRI についての知見を集積し、広く普及を図ることを第一義として「日本小児心臓 MR 研究会」を設立し、2017 年 2 月に第 1 回学術集会を開催し、盛会のうちに終了することができました。

近年、技術的進歩が著しい心臓 MRI は、小児循環器領域にも様々な形で応用されています。右心機能評価において心臓 MRI はゴールドスタンダードであり、第 2 回学術集会では、その中で主たる疾患であるファロー四徴症にフォーカスをあて、メインテーマを「ファロー四徴症をひろげる」といたしました。ファロー四徴症を中心に MRI による右心機能評価について議論を交わしたいと思います。

講演では、血流解析に関するテーマを取り上げ、原理から発展的な臨床応用まで広く学べる構成といたしました。教育講演では、東京慈恵会医科大学附属柏病院放射線部の北川 久先生に「Phase Contrast Imaging の原理」、特別講演では、京都府立医科大学心臓血管外科・心臓血管血流解析学講師の板谷慶一先生に「先天性心疾患における 4D flow 解析の臨床応用：心臓 MRI による右心系の血行動態評価と Fallot 四徴症関連疾患遠隔期治療戦略への拡張」と題してご講演を賜ります。

また、造影 MRI の際に使用するガドリニウム造影剤に関するテーマも取り上げ、造影 CT で使用されるヨード造影剤との違いや注意点、副作用について、榊原記念病院放射線科高田 香織先生に「小児におけるガドリニウム造影剤使用について」と題してご講演を賜ります。

皆さまの多数のご参加により活発な議論が交わされ、皆さまの心臓 MRI 検査についてのスキルアップの一助を本研究会が担えればと願っております。

## 第2回日本小児心臓MR研究会学術集会プログラム

(The 2<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Japanese Society of Pediatric Cardiac Magnetic Resonance)

13:50 ~ 14:00 開会の挨拶 倉敷中央病院 小児科 脇 研自  
榊原記念病院 小児循環器科 稲毛 章郎

14:00 ~ 15:00 セッション1.  
要望演題 ファロー四徴症・右室流出路狭窄

座長 国立成育医療研究センター 循環器科 小野 博  
静岡県立こども病院 循環器科 佐藤 慶介

Keynote lecture ファロー四徴症をひろげる part1  
榊原記念病院 小児循環器科 稲毛 章郎

Keynote lecture ファロー四徴症をひろげる part2  
榊原記念病院 放射線科 水野 直和

演題1 ファロー四徴症の右室容量評価における心臓MRIと右室造影の比較検討  
静岡県立こども病院 循環器科 真田 和哉

演題2 Cine MRIがファロー四徴症術後の右室流出路狭窄部位の同定に有用であった1例  
JCHO 九州病院 小児科 杉谷 雄一郎

演題3 4D flow MRIを用いた評価 右室流出路再建術後の血流パターンの違い  
倉敷中央病院 小児科 上田 和利

演題4 ファロー四徴症術後患者における上行大動脈のdistensibility低下と循環動態の関係  
東京大学医学部附属病院 小児科 白神 一博

演題5 純型肺動脈閉鎖術後遠隔期に肺動脈弁置換術を要した成人例  
慶應義塾大学医学部 小児科 前田 潤

Round table discussion

15:00 ～ 15:20 セッション 2.

教育講演 1

座長 榊原記念病院 小児循環器科 稲毛 章郎

小児におけるガドリニウム造影剤使用について

榊原記念病院 放射線科 高田 香織

15:20 ～ 16:05 セッション 3.

一般演題 1 心筋症・フォンタン・デバイスほか

座長 東京大学医学部附属病院 小児科 白神 一博

演題 1 小児心筋疾患における心臓 MRI におけるガドリニウム遅延造影

国立成育医療研究センター 循環器科 真船 亮

演題 2 MRI 対応 ICD が植え込まれた ACHD に CMR 検査を施行した一症例

榊原記念病院 放射線科 鈴木 隆佑

演題 3 trisomy21 を伴う房室中隔欠損の右心バイパス術の適応について心臓 MRI を用いて  
検討した症例

福岡こども病院 循環器科 兒玉 祥彦

演題 4 Feature tracking 法を用いた 2 心室 Fontan における左右心室の circumferential  
strain の検討

東京女子医科大学 循環器小児科 高橋 辰徳

演題 5 心臓シネ MRI の feature tracking 解析によるフォンタン術後とファロー四徴症遠  
隔期の肝線維化の評価

東京女子医科大学 画像診断・核医学科 大橋 良子

16:05 ～ 16:25 休憩

16:25 ～ 17:05 セッション 4.

教育講演 2

座長 埼玉医科大学総合医療センター 小児循環器科 岩本 洋一

Phase Contrast Imaging の原理

東京慈恵会医科大学附属柏病院 放射線部 北川 久

17:05 ～ 17:55 セッション 5.

特別講演

座長 倉敷中央病院 小児科 脇 研自

先天性心疾患における 4D flow 解析の臨床応用：心臓 MRI による右心系の血行動態評価と  
Fallot 四徴症関連疾患遠隔期治療戦略への拡張

京都府立医科大学 心臓血管外科・心臓血管血流解析学 板谷 慶一

17:55 ～ 18:05 休憩

18:05 ～ 18:55 セッション 6.

一般演題 2 血流

座長 福岡こども病院 循環器科 兒玉 祥彦

演題 1 2D Phase Contrast の撮像条件が計測結果に及ぼす影響について

北海道立子ども総合医療・療育センター 放射線部 今井 翔

演題 2 新生児期の先天性心疾患に対する心臓核磁気共鳴検査の検討

獨協医科大学 小児科 宮本 健志

演題 3 Phase Contrast 法を用いた小児肺血流比算出の検討

JCHO 九州病院 放射線室 日野 祥悟

演題 4 MRI で肺血圧を推測する

大阪府立母子センター 小児循環器科 江見 美杉

演題 5 Fontan 循環心室拡張能における肺静脈血流解析の有用性

埼玉医科大学総合医療センター 小児循環器科 岩本 洋一

18:55 ~ 19:00 閉会挨拶 国立成育医療研究センター 循環器科 小野 博

榊原記念病院放射線科 水野 直和

➤ 教育講演 1

小児におけるガドリニウム造影剤使用について

榊原記念病院 放射線科

高田香織

小児循環器科領域において、心大血管の MRI の撮像法は多様であるが、そのひとつに造影剤を使用した検査がある。先天性心疾患における形態評価や心筋症などの疾患による心筋障害の評価に主に用いられている。MRI 造影剤は、CT 検査で使用されているヨード造影剤とは異なり、重金属であるガドリニウムを成分とした製剤を使用している。ガドリニウム造影剤を使用するにあたり、CT 検査で使用されているヨード造影剤との違いや注意点（腎機能やアレルギー歴等）、副作用も含めて、検査の実際について画像提示もしながら解説する。なお、小児におけるガドリニウム造影剤使用についてのレクチャーではあるが、自然経過や手術後、成人になっての先天性心疾患患者も多くあり、造影剤使用に関して生理機能等が未熟な小児のみならず、成人症例に関しても造影剤使用についての一般的な注意点も含めて解説したい。

➤ 教育講演 2

## Phase Contrast Imaging の原理

東京慈恵会医科大学附属柏病院 放射線部  
北川久

●予備知識として

血管内の血流（血液）は均一な速度で流れているわけではない。血液には粘稠度があり、通常の血管内では血管壁に接する部分の血流は非常に遅く、血管の中央部分は非常に速い速度で流れている。しかし腹部大動脈のような非常に太い動脈では中央の速い速度の血流が同じ速度のために面として流れており、そのため前を行く血液に当たる面の部分は乱流が起き、その影響でこの面の部分は信号が消失しやすいのである。ちなみに代表的な動脈や静脈の血流速度（成人）は胸部大動脈（150～200cm/sec）、腹部大動脈（50～150cm/sec）、椎骨動脈（15～50cm/sec）、門脈本幹（15～40cm/sec）である<sup>1)</sup>。

●Phase shift 効果を利用して流速を求める

Phase shift 効果による位相情報、つまり流速を知り得るためには異なる極性で同じ大きさを持つ山と谷が同じ面積の二つの傾斜磁場（双極傾斜磁場）を印加する必要がある。この傾斜磁場が印加されている間に流速も持つプロトンは phase shift 効果によって流速に比例し信号強度が変化（phase shift 量）が変化する。一方、静止したプロトンは位相の変化（phase shift 量は変化しない）は生じない。つまり移動しているプロトン（血流）の位相差はピクセル内の phase shift 量と置き換えることができ、かつ phase shift 量を数学的にある方程式に代入すると各点のプロトンの速度を導き出すことができる。

●Phase shift 効果を利用して MRA を取得する

まず必要な画像として①血流の影響を受けない画像と②三軸それぞれの軸に沿った双極傾斜磁場を用いた流れに敏感な画像が必要となる。②の画像取得には、かなりトリッキーな手法を用いなければならない。簡単に述べると、それぞれの X、Y、Z 軸に対して VENC と呼ばれる流速に依存した傾斜磁場の強さをコントロールできる特殊な傾斜磁場を印加する方法である。この手法によって狙った流速のみを画像化を可能にできる。本来であれば位相のズレは画像を乱すヒール役であるが Phase shift 効果を利用して動く血液が傾斜磁場により位相がズレてしまうことを逆手に利用して血流を画像化（MRA）しているクレーバーな撮像方法の 1 手である。なお、当日は上記の内容をできるだけアニメーションを使って分かりやすく説明する予定である。

1) 改訂増補版 心から納得・理解できる MRI 原理と MRS、今西好正、森寿一他、154-155、

▶ 特別講演

先天性心疾患における4D flow 解析の臨床応用：心臓MRIによる右心系の血行動態評価と Fallot 四徴症関連疾患遠隔期治療戦略への拡張

京都府立医科大学 心臓血管外科 心臓血管血流解析学

板谷慶一

近年の画像解析技術の進歩とともに心臓 MRI は 3 次元的な心臓機能評価として期待を集め始め、さらには位相コントラスト法を適用した血行動態評価へも関心が高まっている。心臓 MRI では超音波では window が得にくい右室や大動脈なども、部位を選ばず評価ができること、3 次元での心室容量や心拍出量が計測可能なことが利点であり、特に解剖が 3 次元的に複雑な右心系や先天性心疾患では非常に大きな力を発揮するモダリティである。さらに近年シネ位相コントラスト法を 3 次元で撮影するいわゆる 4D flow MRI が急速に注目を集めているが、この方法では 3 次元的な血流のマッピングが可能で、あたかもカラードプラの超音波で血流をマッピングして心臓弁膜症などを診断するように 3 次元的に心臓弁膜症における狭窄ジェットや逆流などを定量評価することが可能で、今後心臓 MRI における機能診断として欠かせないモダリティになりうる可能性を秘めている。

4D flow MRI は心血管内腔全体でベクトル分布として血流速度情報が得られるため、流体力学的なアプローチが可能になる。例えば健常二心室の心臓構造において、左室は僧帽弁から大動脈弁まで左室長軸断面内に大きな渦流を形成し、あたかもバネが血流を押し出すように大動脈へ駆出するが、右心室は三尖弁からのトルネード状の旋回流が右室自由壁をストレッチしながら拡張期に流入し、二次流れを形成しながら流出路へ向かう。これらは 4D flow MRI から構築される血流の流線から得られる治験である。さらに、4D flow MRI では血管内皮にかかる wall shear stress や血流のエネルギー損失などの心血管系へもたらす力学的負荷を定量することも可能であり、血管内皮の変性や心負荷を推定し、心血管疾患の予後を予測して治療戦略に反映させることが可能になる。また pathline 解析では仮想的な血球の流れを追跡することが可能になり、例えば単心室での奇静脈結合例の Fontan 術後、肝因子の分布を推定する上では極めて有益なツールである。

我々は成人先天性心疾患の手術戦略のために術前後の血行動態評価に対して 4D flow MRI を積極的に取り入れている。Ross 手術後遠隔期や Fallot 四徴症類縁疾患術後遠隔期に右室流出路再再建の適応となりうる症例に対して 4D flow MRI での血行動態評価の実例をご紹介するとともに、健常例右室血流と比較し、右室の心負荷へのアセスメントに関して議論する。また心臓超音波での血流解析やコンピュータ血流シミュレーションなど、他のモダリティの血流解析と併用することで先天性心疾患遠隔期の主心室拡張能へのアセスメントや Fontan 再手術の治療戦略をどのように構築できるかに関しても実例をご紹介して議論する。

▶ 演題 1 (要望演題 1)

ファロー四徴症の右室容量評価における心臓 MRI と右室造影の比較検討

静岡県立こども病院 循環器科

真田 和哉、佐藤 慶介、原 周平、土井 悠司、田邊 雄大、内山 弘基、小野 頼母、石垣 瑞彦、芳本 潤、満下 紀恵、金 成海、新居 正基、田中 靖彦

【背景】Fallot 四徴症 (TOF) 術後症例に対し、心臓 MRI による右室容量評価は再介入適応評価において重要な検査となっている。しかし、過去の症例との比較をするうえでは、右室造影との比較が必要であるが報告は少ない。【目的】CMR と右室造影(RVG)で計測した右室拡張末期容量(RVEDV)の関係を明らかにすること。【対象と方法】2009-2017 年に当院で CMR と RVG を同時期に行った TOF 術後 24 例につき、RVEDV index を CMR (MR-RVEDVi) と右室造影 (C-RVEDVi) とで比較した。

【結果】男女比は 17:7、年齢は 14.5±5.4 歳であった。MR-RVEDVi は 139.9±44.3ml/m<sup>2</sup>、C-RVEDVi は 98.5±23.2ml/m<sup>2</sup>であり、1 例を除いて RVG が過小評価であった。また、MR-RVEDVi が 120 ml/m<sup>2</sup>未満の群 (A 群, n=10) と 120 ml/m<sup>2</sup>以上の群 (B 群, n=14) とに分け相対誤差で比較したところ、A 群は 17.3±14.9%、B 群は 33.7±10.5%であり、B 群で優位に誤差が大きかった(p<0.05)。【考察】RVG は CMR より RVEDVi を過小評価するが、右室拡大が進行するとさらに過小評価をされると考えられた。

▶ 演題 2 (要望演題 2)

Cine MRI がファロー四徴症術後の右室流出路狭窄部位の同定に有用であった 1 例

杉谷雄一郎 宗内 淳 川口直樹 白水優光 飯田千晶 岡田清吾 渡邊まみ江

独立行政法人 地域医療機能推進機構 九州病院 小児科

[背景]成人期に達したファロー四徴症(TOF)術後の右室流出路狭窄の部位診断に難渋することがある。経胸壁心臓超音波検査(TTE)、血管造影、造影 CT で部位同定が困難であったが、右室全体の描出と時間的变化がわかる Cine MRI により同定できた 1 例を報告する。

[症例]18 歳男性。TOF 術後。2 歳時に根治術施行。6 歳時の心臓カテーテル検査では右室圧/左室圧比 (Prv/Plv) 0.44 であった。その後 TTE で経時的な右室圧の上昇がみられた。18 歳時心臓カテーテル検査では Prv/Plv=0.79、右室-肺動脈圧較差 51mmHg と右室流出路狭窄の進行が疑われた。しかし TTE、右室造影および造影 CT では明確には狭窄部位を同定できなかった。Cardiac MRI を施行。Cine MRI では右室流出路に収縮末期径 9.4mm の狭窄をみとめた。運動負荷心臓超音波検査を施行し、三尖弁逆流圧較差が安静時 61mmHg から運動負荷後最大 121mmHg に上昇した。

[結論] 成人期に達した TOF 術後例は右室流出路に動的狭窄を生じている可能性があり、狭窄部位の同定に Cine MRI が有用である。

➤ 演題 3 (要望演題 3)

4D flow MRI を用いた評価

右室流出路再建術後の血流パターンの違い

倉敷中央病院 小児科

上田和利 河本敦 荻野佳代 林知宏 脇研自 新垣義夫

4D flow MRI を用いて右室流出路再建術後の症例を評価した。Philips 社製 MR systems Ingenia 1.5T。Sequence は ECG 同期 3D-T1TFE phase contrast 法。解析ソフトは GTFlow ver.2.7 を使用。TOF 3 例、PA/VSD 3 例。術式は自己弁温存 2 例、1 弁付き patch による右室流出路再建術(MVOP) 3 例、Rastelli 術 1 例。Through-plane(TP)画像において MVOP の 2 例では主肺動脈における血流分布の不均一さが可視化された。その他 4 症例では均一な血流分布であった。また、6 例中 3 例では vortex flow が認められた。Vortex flow 形成に関して、疾患や術式による差はなかった。2 例では主肺動脈の拡大が著明であり、一因と考えられた。4D flow MRI を用いて複雑な血流を可視化することができた。

➤ 演題 4 (要望演題 4)

ファロー四徴症術後患者における上行大動脈の distensibility 低下と循環動態の関係

【目的】ファロー四徴症患者(ToF)における上行大動脈の distensibility (AAD)低下の有無と循環動態指標との関係を検討する。

【結果】CMR 撮影時  $30.8 \pm 14.8$  歳(男性 27,女性 17 人)。AAD は 10 歳台  $4.8 \pm 2.1$ 、20 歳台  $4.6 \pm 2.1$ 、30,40 歳台  $2.7 \pm 1.4$ 、50,60 歳台  $2.3 \pm 1.0$  と経年的に低下し、年齢と負の相関関係( $p < 0.001$ )を認めた。患者全体の AAD は  $65.8 \pm 32.5\%N$  で、全年代で正常値より低かった。上行大動脈面積は年齢と正の相関関係( $p < 0.001$ )を認めたが、AAD と相関関係を認めず( $p=0.38$ )。また、AAD は収縮期血圧と負の相関を示した( $p < 0.001$ )が、LVEF,CI,左室心筋重量との相関関係は認めなかった( $p=0.38, 0.09, 0.13$ )。

【結論】上行大動脈面積は経年的に拡張したが、AAD 低下の原因と考えられなかった。AAD 低下が後負荷となる所見は認めなかったが、収縮期血圧上昇の原因となり、間接的に心血管イベント発生に寄与することが懸念された。ToF では、右心機能だけでなく体血圧上昇への注意も重要と考える。

白神 一博 1)2)3)、犬塚 亮 1)、浦田 晋 1)、朝海 廣子 1)、進藤 考洋 1)、平田 陽一郎 1)、松井 彦郎 1)、石川 友一 2)3)、寺島 正浩 3)、岡 明 1)

東京大学医学部附属病院 小児科

福岡市立こども病院 循環器科

心臓画像クリニック飯田橋

▶ 演題 5 (要望演題 5)

純型肺動脈閉鎖術後遠隔期に肺動脈弁置換術を要した成人例

慶應義塾大学医学部小児科

前田 潤、岩下憲行、多喜 萌、荒木耕生、安原 潤、古道一樹、福島裕之、山岸敬幸

同放射線科

奥田茂男

純型肺動脈閉鎖 (PAIVS) 2 心室修復術 (2 か月時右室流出路形成術、1 歳 5 か月時心房中隔欠損閉鎖、右室流出路再形成術) 後の 28 歳女性。三尖弁閉鎖不全 (TR) による右房拡大があり、8 歳および 15 歳時に三尖弁形成術、右房縫縮術を行った。以後中等度の TR、肺動脈弁閉鎖不全 (PR) が持続したが、無症状だった。23 歳時の心臓 MRI で PR 率 37.4%、右室拡張末期容積 126.8ml/m<sup>2</sup>、収縮末期容積 79.9ml/m<sup>2</sup>、右室拡大の進行を認めなかったため、利尿薬で経過観察した。26 歳時に心房細動が出現し、肺動脈弁置換術 (PVR)、full MAZE 手術 (三尖弁再形成は狭窄を懸念して未実施) を行ったが、術後心房粗動が持続し、β 遮断薬、ワルファリン追加投与を要した。PAIVS の右室は元来低形成であるため、PR 率が高くても右室拡大が著明でない場合があり、右室容積を指標とした PVR の適応決定には注意が必要である。

➤ 演題 6 (一般演題 1-1)

小児心筋疾患における心臓 MRI におけるガドリニウム遅延造影

国立成育医療研究センター 循環器科

○真船 亮, 小野 博, 鈴木 孝典, 中野 克俊, 林 泰佑, 清水 信隆, 三崎 泰志, 賀藤 均

心筋疾患において心臓 MRI によるガドリニウム遅延造影 (LGE) は心筋の線維化を描出し, 予後評価に有用であるとされる。2012 年から 2017 年の間, 当院で心筋疾患の評価目的に心臓 MRI を施行した症例を後方視的に検討した。MRI は Siemens 社製 1.5T Aera を用い, ガドキセト酸ナトリウム 0.1 ml/kg 注入後 5 分から 10 分に撮像し遅延造影を行った。21 症例(男児 9 例), 年齢は中央値 6 歳(6 か月 - 15 歳)。診断は急性心筋炎 8 例, 特発性拡張型心筋症 (DCM) 4 例, 肥大型心筋症 (HCM) 6 例 (うち 1 例は拡張相) であった。LGE 陽性は 4 例 (心筋炎 2 例, DCM 1 例, 拡張相 HCM 1 例) であった。14 例 (67%) は心臓 MRI と同時期に心筋生検を施行し, うち 5 例 (36%) で心筋細胞の線維化を認めた。LGE 陽性例のうち心筋生検で心筋細胞の線維化を認めたのは 2 例であった。4 例 (LGE 陽性 1 例(25%), LGE 陰性 3 例(18%)) が経過中に死亡した。過去の報告と比較し, 急性心筋炎の LGE 陽性例は少なかった。

➤ 演題 7 (一般演題 1-2)

MRI 対応 ICD が植え込まれた ACHD に CMR 検査を施行した一症例

1) 榊原記念病院 放射線科、2) 小児循環器科

鈴木 隆佑<sup>1)</sup>、松田 純<sup>1)</sup>、稲毛 章郎<sup>2)</sup>、水野 直和<sup>1)</sup>、高田 香織<sup>1)</sup>、栗井 一夫<sup>1)</sup>

【背景】ACHD 患者においては、難治性不整脈や高度房室ブロックが問題となり、ペースメーカーや ICD 植込みの適応となることが多く見受けられる。これらのデバイス植込み患者に対して MRI 撮像は禁忌であった。近年、MRI 対応型デバイスの登場により MRI 撮像が可能になったが、アーチファクトの発生が問題視されている。今回、MRI 対応型 ICD を植込みした症例に対して、心臓 MRI を撮像したので報告する。

【症例】41 歳男性、DORV、PA の診断にて 6 歳時にラステリ手術を施行。38 歳時に右心不全を来し再ラステリ手術を行ったが VT/VF を繰り返したため、MRI 対応型の ICD 植込み術を施行した。術後経過観察中に右心不全の増悪があり、右心機能評価のために FLASH cine を用いた心臓 MRI を施行した。【使用機器】SIEMENS 1.5T MAGNETOM Symphony Sonata 【結果】MRI 対応 ICD 植込み患者に対して、通常の cine より撮像時間は長いものの、アーチファクトを低減することが出来る FLASH cine を用いることにより、心機能解析が可能であった。

➤ 演題 8 (一般演題 1-3)

trisomy21 を伴う房室中隔欠損の右心バイパス術の適応について心臓 MRI を用いて検討した症例

福岡市立こども病院 循環器科

兒玉祥彦、倉岡彩子、石川友一、中村 真、佐川浩一、石川司朗

【症例】 AVSD および CoA に対し姑息術を経て 1 歳 6 か月で二心室修復を施行。術中所見から右室低形成と診断され、ASD は部分閉鎖で手術終了した。術後、ASD の逆短絡が多く、SpO<sub>2</sub> は 80% であった。チアノーゼ改善のため、グレン手術追加と ASD 閉鎖が必要と思われ、心臓カテーテルおよび CMR を施行。Rp、体循環血流量、SVC/IVC 血流比、左室拡張末期圧 (=左房圧) が変化しないものと仮定して、(予想される肺血流量) x Rp + (左房圧) から術後の肺動脈圧を 10mmHg と推定した。グレン手術と ASD 閉鎖および RPA 起始部のバンディングを施行し、1 か月後の再評価では、肺動脈圧は 8mmHg であった。SVC 血流量の大半が奇静脈を介して IVC 経由で LPA に流れており、RPA 血流量が予想より少なかったことが、SVC 圧術前予想値との乖離の原因と考えられた。【結語】心臓手術後の血行動態の予測に CMR は有用である。

➤ 演題 9 (一般演題 1-4)

Feature tracking 法を用いた 2 心室 Fontan における左右心室の circumferential strain の検討

○高橋辰徳<sup>1,2</sup>、椎名由美<sup>1</sup>、長尾充展<sup>3</sup>、稲井慶<sup>4</sup>

1. 東京女子医科大学循環器小児科、
2. 山形大学医学部小児科
3. 東京女子医科大学画像診断学・核医学講座
4. 東京女子医科大学 成人先天性心疾患病態学研究講座

背景：比較的大きな 2 つの心室のある Fontan 心では心室間 dyssynchrony が生じうる。方法：CMR を撮影した 2 心室 Fontan 患者 31 例の短軸断シネ動画を後方視的に検討。左右両方の心室自由壁を合わせて trace し、中隔を境に 6 segment に分割した。各 segment は全て、解剖学的右室あるいは左室に分類した。Feature tracking 法により circumferential strain(Ecc)値と拡張末期から peak Ecc までの時間を測定し、左右心室成分で比較した。結果：Ecc は左室成分で有意に低値だった(-14.9 vs -11.6%, p=0.048)。Time to peak Ecc,は、左室成分が右室成分より早かった[LV vs RV = 333 vs 373ms(p=0.003)]。結語：2 心室 Fontan 心では左室成分と比較して右室成分の方が収縮能が劣り、収縮末期のピークが遅い。

➤ 演題 10 (一般演題 1-5)

心臓シネ MRI の feature tracking 解析によるフォンタン術後とファロー四徴症遠隔期の肝線維化の評価

大橋良子 1)、長尾充展 1)、石崎海子 1)、松尾有香 1)、福島賢慈 1)、椎名由美 2)、稲井慶 2)、清水誓子 3)、佐野雄一郎 3)、坂井修二 1)

東京女子医科大学 画像診断・核医学科 1)、東京女子医科大学 循環器小児科 2)、東芝メディカルシステムズ株式会社 3)

**目的:**心臓シネ MRI の feature tracking 法を用いて肝臓線維化を定量化する strain elastography を考案し、ファロー四徴症術後とフォンタン術後の遠隔期患者で比較した。

**方法:**遠隔期のフォンタン術後 85 人 (平均年齢 22.7 歳)、ファロー四徴症術後 43 人 ( 34.7 歳)、正常 32 人 ( 42.3 歳) の心臓シネ MRI を解析した。シネ MRI は、心室または心房が肝臓と近接し拍動による動きがある断面を選択した。横隔膜下肝表面から 1cm の深さを関心領域に設定し、頭尾側方向の strain を feature tracking 法を用いて算出した。心周期を通して strain の最大絶対値の和を strain elasticity として線維化の指標とした。

**結果:**フォンタン術後患者の strain elasticity は、ファロー四徴症と正常者に比べ有意に小さかった (フォンタン,  $8.5 \pm 6.3\%$ ; ファロー四徴症,  $20.1 \pm 22.2\%$ ; 正常,  $15.0 \pm 5.8\%$ )。ファロー四徴症と正常者の間に有意差はなかった。

**結論:**フォンタン術後遠隔期では、肝臓の弾性はファロー四徴症に比べ低下している。本法は、肝線維化を予測する非侵襲的な新たな手法である。

➤ 演題 11 (一般演題 2-1)

2D Phase Contrast の撮像条件が計測結果に及ぼす影響について

北海道立子ども総合医療・療育センター 放射線部<sup>1</sup>, 小児循環器内科<sup>2</sup>

今井 翔<sup>1</sup>, 菊池 雅人<sup>1</sup>, 名和 智裕<sup>2</sup>, 澤田 まどか<sup>2</sup>, 高室 基樹<sup>1,2</sup>, 横澤 正人<sup>2</sup>

目的 先天性心疾患の CMRI は正確な容積、血流評価が重要である。PC 法の撮像条件が計測結果に及ぼす影響について検討する。方法 自作した定常流ファントムを用いて下記の条件で撮像、解析を行い、最小流速、最大流速を検討した。撮像は GE 社製 1.5T SIGNA EXCITE で行った。

① 分解能を固定し、A)加算回数 B)フリップアングル C)スライス厚を変動させた。

② ①の A,B,C を固定し、分解能を変動させた。

結果 ①では信号雑音比の低下に伴い、計測誤差が大きくなった。②では低分解能は高分解能よりも最小流速は最大で 20%高く、最大流速は 5%低くなった。考察 ①では雑音の割合が増えると ROI の設定が難しくなり、計測値が不正確になったと考えられた。②では低分解能でチューブ壁面の遅い流れを計測できず、また、速い流れはピクセル内の平均化の影響で計測される速度が低くなったと考えられた。正確な流速・流量の計測のため、血管径によって分解能の変更が必要であることが示唆された。

➤ 演題 12 (一般演題 2-2)

新生児期の先天性心疾患に対する心臓核磁気共鳴検査の検討

宮本健志<sup>1)</sup>、桑島成子<sup>2)</sup>、有賀信一郎<sup>1)</sup>、宮本 学<sup>1)</sup>、加藤正也<sup>1)</sup>、渡部功之<sup>1)</sup>、坪井弥生<sup>1)</sup>、鈴木亮子<sup>1)</sup>、鈴木 宏<sup>1)</sup>、黒澤秀光<sup>1)</sup>、吉原重美<sup>1)</sup>

1) 獨協医科大学小児科 2) 放射線科

【背景】近年では先天性心疾患に対する Phase contrast 法を用いた心臓核磁気共鳴検査(cMRI)が有用であることが報告されているが、新生児を対象にした報告は少ない。【方法】2017年1月から12月の間に獨協医科大学病院総合周産期母子医療センターに入院した先天性心疾患を合併した新生児を対象に cMRI を施行した症例を検討した。

【結果】入院した先天性心疾患の新生児 21 例のうち 7 例が cMRI を施行できた。修正大血管転位症 2 例、両大血管右室起始症 1 例(DORV)、ファロー四徴症(TOF) 1 例、大動脈縮窄複合(CoA)1 例、心室中隔欠損症と心房中隔欠損症と動脈管開存症のトリプルシャントを合併した 2 1 トリソミー 1 例、無脾症候群の単心室症例 1 例であった。実施できなかった症例は、早期に治療を要した総肺静脈還流異常症、大動脈離断であった。心電図同期ができず検査が十分にできなかった症例は 2 症例いた (28%)。細い肺動脈や動脈管や大動脈狭部が明瞭に描出できなかった症例が 4 例(57%)いた。Phase contrast 法は 4 例で施行できた(57%)。【考察・結語】新生児に対する cMRI は、分解能が低いため、画像評価は心エコー図検査の結果を加味する必要がある。心エコーで把握できなかった心室形態や大血管の位置関係を評価するのに有用であった。加算平均した Cine MRI と Phase contrast 法は、新生児の cMRI で主要な画像解析方法であると感じた。

➤ 演題 13 (一般演題 2-3)

Phase Contrast 法を用いた小児肺血流比算出の検討

(Study on calculation of pediatric pulmonary blood flow ratio using phase contrast method)

JCHO 九州病院 日野祥悟 中田勇氣 白石政弘 瀧口雅晴

【目的】当院の先天性心疾患に対する MR 検査は大血管の流量測定や心室容積測定といった機能検査を行っている。そこで今回小児心臓 MR 検査で求めた左右肺動脈の流量測定結果を用いて、RI 検査で求めた肺血流比との相関について検討する。【方法】Phase Contrast(PC)撮像にて算出された Forward flow volume(順行流量)と Stroke volume(1 回拍出量)をそれぞれ比率に換算し、RI で求めた肺血流比との相関を求める。対象は MR、RI 検査間で肺血管修復術を受けていない 10 名とした。【結果】Forward flow volume は相関係数  $r$  が 0.9864 であり Stroke volume は 0.9767 であったが、1 名のみ肺血流比が MR で右優位、RI で左優位となった。【結論】MR で求めた肺血流比と RI で求めた肺血流比の相関は非常に強いことがわかった。特に Forward flow volume が示す左右肺動脈の血流量優位性は全例 RI と同じ結果となり、より強い相関を示す結果となった。今後は RI 検査を行っていない施設でも PC 法を用いた流量測定を実施することで、非侵襲的に肺血流比を算出することが可能となる。

➤ 演題 14 (一般演題 2-4)

MRI で肺血圧を推測する

大阪府立母子センター 小児循環器科

江見美杉 青木寿明 廣瀬将樹 豊川富子 松尾久実代 平野恭悠 高橋邦彦 萱谷太

はじめに 超音波検査では下大静脈の径から中心静脈圧の推定がされる。今回同様の方法を用いて MRI で測定した大静脈の径から肺動脈圧を推測できるかを検討した。

対象 2015 年 4 月から 2017 年 12 月までに心臓 MRI を行った心外導管を用いたフォンタン循環の 16 症例、うち MRI 施行の 5 年前後にカテーテル検査を行った 13 例を対象とした。フェネストレーション、肺動脈狭窄を有するものは除外した。

方法 MRI にて上大静脈(SVC)、下大静脈(IVC)の断面積(mm<sup>2</sup>)を測定し BSA で除した。断面積の測定は Phase contrast での最大面積としたが、PC を撮像していない症例については BB、3D heart で測定した。SVC と IVC の面積の和が、心臓カテーテル検査で測定した平均肺血圧に相関すると仮定し、correl 法にて相関係数を算出した。

結果 症例は年齢 7-26 歳(中央値 18.5±5.7 歳)、Fontan 施行年齢は 3-8 歳(中央値 4.0±1.2 歳)。相関係数は  $r=0.82$  となった。

結語 症例を増やし、より正確な圧の推定に努める。

➤ 演題 15 (一般演題 2-5)

## Fontan 循環心室拡張能における肺静脈血流解析の有用性

埼玉医科大学総合医療センター小児循環器科

岩本 洋一、築 明子、菅本 健司、石戸 博隆、増谷 聡、先崎 秀明

【背景】肺静脈の順行性血流は収縮期と拡張期それぞれにピークを持った二相性を示す。また、Fontan(F)循環では、肺静脈(PV)血流パターンが二心室循環と異なる事が報告されている。【目的】Fontan 循環における PV 血流パターンの生理を明らかにする。【方法】対象は、当院にて心臓 MRI 検査が行われた F 術後 33 症例。MRI での PV 血流収縮期 S 波と拡張期 D 波血流量の比(PV-S/D)' と心臓カテーター検査から得られた心室 tau および肺動脈楔入圧(Pcwp)の関係を検討した。【結果】PV-S/D は、tau と負の相関を示した( $r=-0.65$ ,  $p<0.001$ )。また tau の上昇が Pcwp 上昇と正の相関を示した ( $r=0.56$ ,  $p=0.01$ )。【結語】F 術後では心室弛緩能低下が Pcwp の上昇と関連し、PV-S/D が弛緩能をよく反映し、弛緩能および心房圧の推定に有用である可能性が示唆された。