

# 第2回 血 流 会

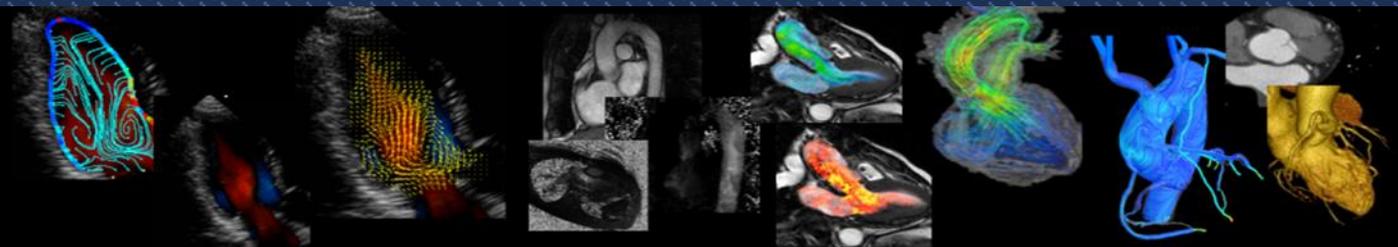
プログラム・抄録集

—2014—

当番世話人 上嶋徳久（心臓血管研究所）

開催：平成26年6月14日（土）

於：北里研究所病院 本館2階会議室



# 当番世話人挨拶

心臓血管系の血流を対象とした基礎技術から臨床まで幅広く研究する研究会として血流会が立ち上がりました。医学・工学などの専門領域間で横断的な交流を持つことがこの分野の研究発展に寄与するとの考えから、本会は幅広い分野の研究者に声をかけさせて頂いております。その点で他の研究会に類を見ない特徴を備えています。

この度第2回目の研究会を平成26年6月14日に北里研究所病院で開催することになりました。前回同様、試行錯誤を繰り返しながらより充実した研究会に仕上げていくことができると考えています。そのために皆様から多くのご意見を頂き、ご指導を賜りたいと考えております。

今回は8演題が登録されました。そのうち2演題がMRIによる血流解析に関するものであり、4演題が左室拡張期の血流をテーマとしたものです。様々な背景の先生方にお越し頂き、多角的な議論がなされることを願っております。

本研究会は日立アロカメディカル・グラクソスミスクラインの労務提供により開催されます。また、顧問・世話人の先生方の多大なるご指導のもと、実現することが可能になりました。厚く御礼申し上げます。

最後になりますが、本研究会が実り多きものとなるように、先生方の優れた研究発表をお願いするとともに、活発なご討議ができますことをお祈り申し上げます。

第2回 血流会 当番世話人  
心臓血管研究所  
上嶋 徳久

# 研究参加者へのご案内

## □ 参加者の方々へ

- 1) 受付 研究会に参加される方には必ず受付をお願いいたします。  
受付時間: 6月14日(土) 12:30 - 18:30  
参加費用: 研究会参加費 500円  
懇親会参加費 2500円
- 2) 世話人会および懇親会  
世話人会 6月14日(土) 12:30 - 13:30  
本館1階 学生食堂  
懇親会 6月14日(土) 18:30 - 20:00  
本館1階 レストラン松実

## □ 講演発表の先生方へ

- 1) 口演発表について
  - ・口演は一演題発表20分、質疑応答10分です。持ち時間を厳守し、座長の指示に従い円滑な進行にご協力をお願いいたします。
  - ・発表の10分前には会場にご着席ください。
  - ・ご発表の際にはオペレーターがスライドショーの一枚目をプロジェクターに映しますので、二枚目以降は演者ご自身でのマウス・キーボード操作をお願いいたします。
- 2) 発表データの持ち込みについて
  - ・発表はご自身のPCの持ち込み、またはUSBフラッシュメモリー、外付けハードディスク、CD-Rによるメディアの持ち込みが可能です。動画や音声の再生をご使用の場合にはご自身のPCをご持参ください。
  - ・プロジェクターにはMiniD-SUB15ピンのみ接続できます。
  - ・変換ケーブルが必要な機種の場合には必ず変換ケーブルをご持参ください。
  - ・会場で用意しているPCはWindows 8です。

## □ 座長の先生方へ

- ・座長の先生方には担当セッション開始の15分前には会場にご着席ください。
- ・時間厳守でのセッションの進行をお願いいたします。

# アクセスマップ

## 周辺地図



## キャンパス内案内図



# プログラム

---

血流会開会の辞 13:30-13:40 心臓血管研究所 上嶋徳久先生

Part I : 13:40-15:50 座長 北里大学血流解析学講座 板谷慶一先生

1. 3D Cine Phase Contrast MRIを用いた血行動態解析の現状と課題 - CFDを用いたWall Shear Stressとエネルギー損失の精度検証 -

北里大学血流解析学 宮崎翔平先生

2. 左室駆出率正常例及び低下例における4D-Flowを用いた左室内血流の比較

浜松医科大学循環器内科 諏訪賢一郎先生

小休憩 14:40-14:50

3. 心房細動症例における左房/左心耳内血流へのVFMの応用経験

筑波大学循環器内科 山本昌良先生

4. 脳動脈瘤治療における流体解析の臨床応用

和歌山労災病院脳外科 河野健一先生

休憩 15:50-16:10

Part II : 16:10-18:20 座長 順天堂大学小児科 高橋健先生 心臓血管研究所 上嶋徳久先生

5. カラーMモード法による拡張早期左室Suction可視化の試みとその応用

国立循環器病センター 大原貴裕先生

6. 拡張早期の安静時左室内圧較差の発生機序とその成長に伴う変化の解明—流体力学を用いた新たな左室拡張能の解析方法による検討—

順天堂大学小児科 高橋健先生

小休憩 17:10-17:20

7. 左室流入血流にインクをたらしてみたら

心臓血管研究所 後藤理人先生

8. 拡張期の左室内エネルギー損失の臨床的意義について

東京大学小児科 林泰佑先生

閉会の辞 18:20-18:30 日本大学循環器内科 竹中克先生

# 抄録集

## Part I

座長 北里大学血流解析学講座 板谷慶一先生  
演題 1 - 4

## Part II

座長 順天堂大学小児科 高橋健先生  
心臓血管研究所 上嶋徳久先生  
演題 5 - 8

# 演題 1

## 3D Cine Phase Contrast MRIを用いた血行動態解析の現状と課題 - CFDを用いたWall Shear Stressとエネルギー損失の精度検証 -

宮崎翔平 (北里大学血流解析学、心臓血管外科)

3次元で生体の血流を計測可能な3D Cine PC-MRI (3 Dimensional Cine Phase Contrast Magnetic Resonance Imaging)いわゆる4D flow MRIが近年注目を集め大動脈疾患などでWSS (Wall Shear Stress)やエネルギー損失といった指標の計測がなされ、臨床への応用が期待されているが、算出される指標の精度検証は十分になされていない。我々は大動脈内の血流速度に関してCFD (Computational Fluid Dynamics)と速度ベクトルを詳細に比較検証し、3D Cine PC-MRIから算出されるWSSとエネルギー損失の精度検証を行った。流量はMRIにおいて小口径血管で過小評価されることがわかり、また血流速度は上行大動脈よりも大動脈弓、下行大動脈でMRIとCFDの結果が類似した。WSS、エネルギー損失共に、MRIではCFD結果よりも1/2~1/3程度に小さく評価されることがわかった。本発表ではこの精度検証を通じて3D Cine PC-MRIの現状と今後の課題について考察を行うとともにCFDのモデル化の現状と課題についても考察を行う。

## 演題 2

### 左室駆出率正常例及び低下例における4D-Flowを用いた左室内血流の比較

諏訪賢一郎<sup>1)</sup>、斉藤岳児<sup>2)</sup>、佐藤洋<sup>1)</sup>、佐野誠<sup>1)</sup>、渡辺知幸<sup>1)</sup>、  
早乙女雅夫<sup>1)</sup>、漆田毅<sup>1)</sup>、加藤秀樹<sup>1)</sup>、竹原康雄<sup>3)</sup>、林秀晴<sup>1)</sup>  
浜松医科大学 第三内科  
同 救急部  
同 放射線部

背景：4D-Flowは位相コントラストを用いて4次元（空間＋時相）に血流を評価することの可能なMRIの手法である。左室内血流は左室の形態や機能の影響を受けるが、詳細は不明である。今回、我々は、左室駆出率正常例と低下例において、4D-Flowを用いてその左室内血流動態を比較検討した。

方法：器質的心疾患を疑われた28名の患者に通常的心臓MRIと4D-Flowを行った。患者をnormal EF群（NEF群）：LVEF>60%, n=14とReduced EF群（REF群）：LVEF<40%, n=14に分け、4D-Flowを用いて左室内の流線と流跡線を描出した。

結果：① Cine MRIにてLVEDV、ESVはREF群で有意に大きく、LVEFは小さかった。②流線の解析では、拡張期に、両群とも全例に左室内渦流を認めた。渦流はREF群でより大きく、正円形に近い形態で、心尖部近くに位置した。流跡線の解析により、拡張早期に左室に流入した血流は、NEF群の多くでは、心基部で折り返して流出路に向かったが、REF群では大きく左室壁に沿って旋回した。③収縮期には、NEF群では渦流を認めなかったが、REF群において7例(50.0%)に渦流を認めた。

結語：NEF群とREF群では左室内渦流形成に差異が認められ、血行動態への影響が示唆された。左室内血流の観察には4D-Flowが有用である。

## 演題 3

### 心房細動症例における左房/左心耳内血流へのVFMの応用経験

山本昌良（筑波大学循環器内科）

心房細動症例では左心耳および心房機能の低下により血流うっ滞が生じ、それが血栓形成につながるということが知られている。我々は心房細動に対するカテーテルアブレーション術前の経食道心エコー図の際に Vector Flow Mapping(VFM)を用い、左房/左心耳内血流の定量的評価（渦度・エネルギーロス）を行い、発作性心房細動と慢性心房細動において比較検討を行った。今回の発表ではその臨床的意義を検討するとともに、解析の方法について諸先生方に御教授いただければ幸いである。

## 演題 4

### 脳動脈瘤治療における流体解析の臨床応用

河野健一（和歌山労災病院脳神経外科）

脳動脈瘤に対する数値流体解析の研究は近年爆発的に増加している。しかし、多くの研究は臨床に直接役立つ情報を与えてくれている段階には届いていない。本発表では流体解析を現場で行っている臨床医として、実際に流体解析が役立った症例や、今後どのような形で流体解析が脳動脈瘤治療に役立つ可能性があるのかについて報告させて頂く。

# 演題 5

## カラーMモード法による拡張早期左室Suction可視化の試みとその応用

大原貴裕（国立循環器病研究センター）

拡張早期において左房から左室心尖部にかけて陰圧（Suction）が出現し、左室への急速な血液流入を引き起こす。運動時などの交感神経刺激に反応して左室Suctionが増強し、左房圧の異常上昇なく左室流入血流を増加させる。収縮不全では交感神経刺激に対するSuctionの反応が減弱している。これまでSuctionの正確な評価には侵襲的方法を必要とし、様々な病態での検討は困難であった。我々はカラーMモード法によって得られるデータをオイラーの式を用いて積分することによって、心室内圧較差（IVPG）の経時的変化を非侵襲的に計測し、Suctionを評価する方法を開発した（図）。この方法をドブタミン負荷心エコーに応用して、左室駆出率の保たれた拡張障害例において、拡張早期左室Suctionの交感神経刺激に対する応答を検討した。その結果とともに、カラーMモード法を用いたIVPG解析の注意点等についても紹介したい。

図 左室内圧較差の算出。カラーMモード画像（左上）から左室内圧較差の時間分布（左下）、空間分布（右上）が計算される。

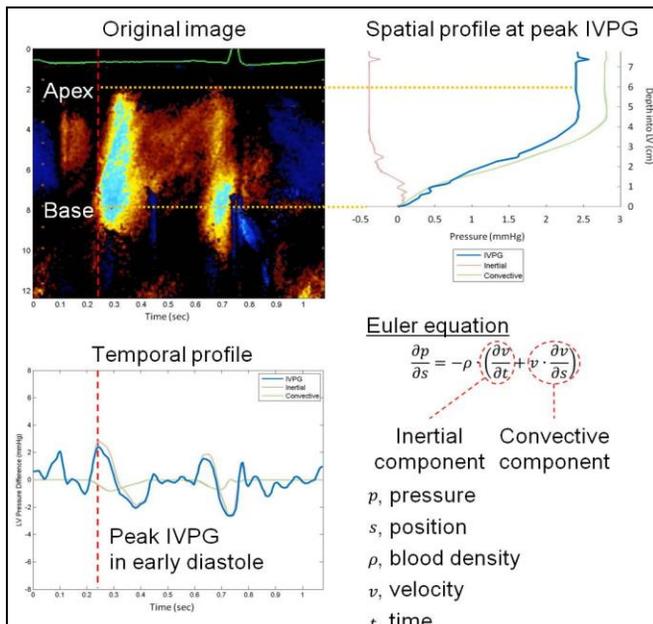


図 左室内圧較差の算出。カラーMモード画像（左上）から左室内圧較差の時間分布（左下）、空間分布（右上）が計算される。

## 演題 6

拡張早期の安静時左室内圧較差の発生機序とその成長に伴う変化の解明—流体力学を用いた新たな左室拡張能の解析方法による検討—

高橋健<sup>1)</sup>、松井こと子<sup>1)</sup>、小林真紀<sup>1)</sup>、田中登<sup>1)</sup>、新居正基<sup>2)</sup>、瀧間浄宏<sup>3)</sup>、豊野学朋<sup>4)</sup>、岩島覚<sup>5)</sup>、稀代雅彦<sup>1)</sup>、板谷慶一<sup>6)</sup>、宮地鑑<sup>6)</sup>、清水俊明<sup>1)</sup>

順天堂大学小児科<sup>1)</sup>、静岡県立こども病院循環器科<sup>2)</sup>、長野県立こども病院循環器科<sup>3)</sup>、秋田大学大学院医学研究科医学専攻機能展開医学系小児科学講座<sup>4)</sup>、浜松医科大学小児科学講座<sup>5)</sup>、北里大学血流解析学講座<sup>6)</sup>

【背景】拡張早期の左室への血液の急速流入は、左室拡張能の重要な要素である。拡張早期の左室内で心基部側と心尖部側に圧較差(intra ventricular pressure gradient: IVPG)が生じ、拡張早期の急速流入と密接に関係する。しかしIVPGの発生機序は不明であり、小児のデータも存在せず、成長に伴う左室拡張機序とその変化は解明されていない。

【目的】小児から若年成人のIVPGの評価と、IVPG形成に関与する要素を明らかにすること。

【方法】対象は3歳から47歳の健常児及び健常成人62例。心尖部四腔断面像のカラーMモード画像より、全左室、心基部、乳頭筋部及び心尖部のIntra ventricular pressure difference をオイラーの方程式を用いて測定し、体格の差を補正するため、 $IVPG = IVPD / \text{左室長}$ として求めた。またスペクトルトラッキング法により、乳頭筋部の左室短軸像の円周方向ストレイン及び四腔断面像の縦方向ストレイン(CS及びLS)と拡張期ストレインレート(CSR及びLSR)を測定した。また左室捻じれ角度と拡張期の捻じれ戻り角速度と、拡張早期のストレイン及び捻じれ角度の戻り量を計測した。]

【結果】IVPGは、onset of Qを0%、大動脈閉鎖を100%として補正すると、平均 $120.0 \pm 5.4\%$  of systole durationでピークに到達した。全左室、心基部、乳頭筋部及び心尖部のIVPGはそれぞれ $0.40 \pm 0.12$ 、 $0.27 \pm 0.08$ 、 $0.10 \pm 0.04$ 及び $0.03 \pm 0.03$  mmHg/cmであった。全左室IVPGは年齢、心拍数、捻じれ角度、捻じれ戻り角速度、CS、CSR及びCSの戻り量、LS、LSRと相関を示した(全て $p < 0.01$ )。多変量解析により、CSR、拡張早期C

S戻り量及び左室戻り角速度がIVPGの独立規定因子とされた。

【考察】円周方向の拡張期ストレインレート、ストレインの拡張早期戻り率及び左室捻じれ戻り角速度が安静時のIVPG発生に関与している。これは左室拡張能の新たな知見である。

### 左室血流にインクをたらしてみたら

後藤理人 (心臓血管研究所)

【目的】 左室流入の伝播は左室弛緩を反映し、カラーMモード法を用いて評価してきました。しかしながら、この方法は、一本の超音波ビーム線上の速度情報のみで伝播速度を計測しているため、ビーム線外の情報は加味されていません。今回我々は、左室流入の伝播の二次元表示を試みてみました。

【方法】 対象は14例の収縮不全心、5例の拡張不全心、14例の正常心です。左室の2次元の血液輸送を、VFMを用いてまずベクトルを推定し、次に移流拡散方程式を解くことにより、評価しました。僧帽弁尖レベルで仮想インクを間欠的にたらし、左室流入血流の伝播を図示しました。

【結果】 正常心では、先端の波は素早く心尖部に伝播します。その後の波は加速し、前方の波と癒合します。これは、血液輸送が促進されたことを示しています。拡張不全心では、伝播自体が遅く、波が癒合しない特徴があります。拡張末期では、波の形にゆがみが生じています。これらの所見から、流入血液は受動的に輸送され、その後まとまりのない乱れた流れになっていることがわかります。収縮不全心では、流入波はゆっくりと進み、大きな丸いマッシュルームのような大きな丸い波面を形成します。その後、ゆっくりと全体的に回転します。

【結語】 この新しい血流可視化法を用いると、正常心では血液流入が促進し、不全心では受動的な、乱れた流れになっていることが分かった。

## 演題 8

### 拡張期の左室内エネルギー損失の臨床的意義について

林 泰佑 (東京大学医学部小児科)

【背景】 血流の粘性摩擦によるエネルギー損失(EL)は、血流の効率をあらわす指標であり、拡張期の左室内ELは、左室の拡張機能を反映すると考えられるが、その臨床的意義は明らかにされていない。

【目的】 Vector flow mappingを用いて計測した拡張期の左室内ELと、左室拡張能のエコー指標の関連を検討する。

【方法】 正常心もしくは様々な心疾患を有する小児を対象に、心尖部五腔像から拡張期の左室内ELを計測した。過去の研究で求めた拡張期左室内ELの予測基準値を用い、拡張期の左室内ELのz scoreを算出し、左室拡張能のエコー指標との相関を検討した。

【結果】 被検者は29名、平均年齢  $7.8 \pm 4.1$  歳、拡張期の左室内ELのz scoreは  $-1.92$  から  $2.49$  であった。拡張期の左室内ELのz scoreは、E/e' ( $r = 0.46, p < 0.05$ )、左室流入血流伝播速度(FPV) ( $r = -0.47, p < 0.01$ )、E/FPV比 ( $r = 0.65, p < 0.001$ )と有意な相関を認めた。多変量解析では、E/FPV比のみが拡張期の左室内EL z scoreの独立した説明因子であった。

【考察】 拡張期の左室内EL z scoreは、E/FPV比と有意な正の相関を示しており、左室充満圧を反映する可能性がある。