

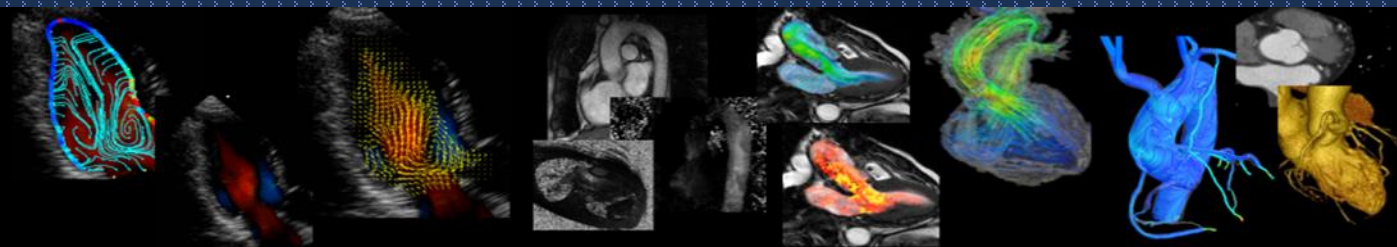
# 第5回 血 流 会

プログラム・抄録集

—2015—

代表世話人 中村 匡徳  
(埼玉大学 工学部機械工学科)

開催:平成27年11月21日(土)  
於:東京大学医学部附属病院  
中央診療棟2 7階大会議室



# 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: 11月21日(土) 13:00 -  
参加費用: 研究会参加費 500円
  
- 2) 世話人会および懇親会  
世話人会 11月21日(土) 12:30 - 13:00  
中央診療棟2 7階大会議室  
懇親会 11月21日(土) 19:00 - (研究会終了後)  
研究会会場付近にて予定  
参加費用は懇親会終了時に別途徴収

## □ 講演発表の先生方へ

- 1) 発表について
  - ・講演は一演題22分の持ち時間とします。目安としては、発表12～15分、質疑応答7～10分です。
  - ・本研究会は、異なる専門を有する方が参加されますので、講演では、はじめに少し長めに背景をご説明下さい。
  - ・講演はご自分の研究についてご発表ください。
  - ・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) 発表データについて
  - ・発表はご自身のパソコンで行ってください。
  - ・プロジェクタには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。
  - ・データ破損等を考慮し、USBでのバックアップデータをご準備ください。

## □ 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

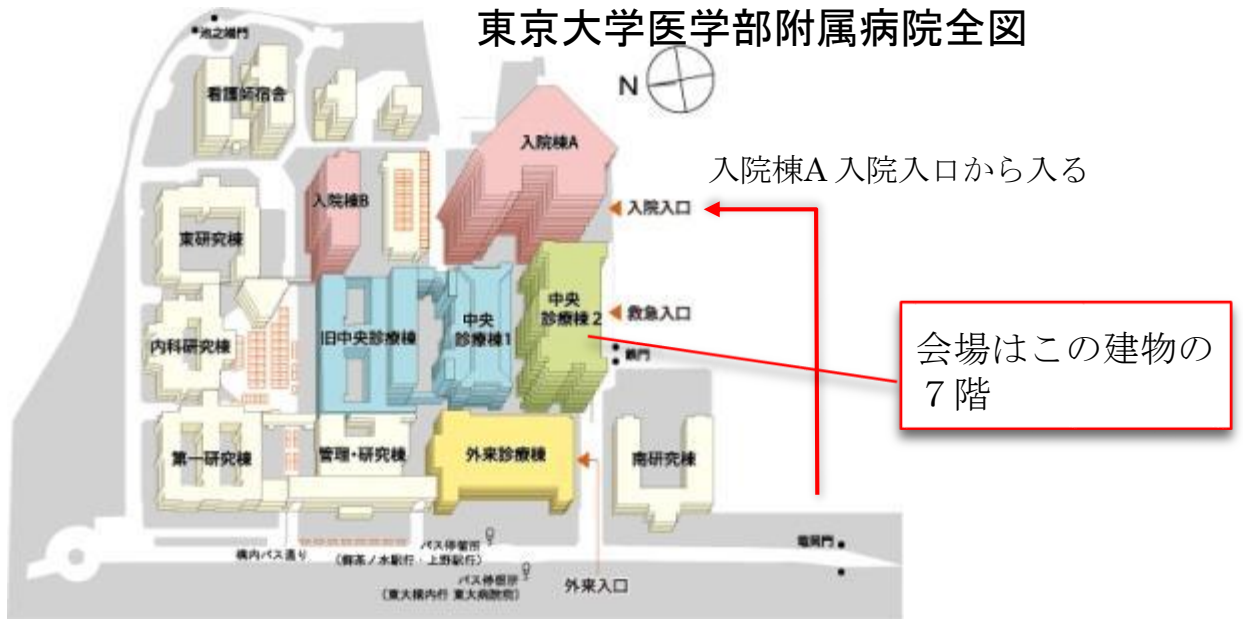
## 周辺地図



### 病院へのアクセス

- 東京メトロ丸の内線・都営地下鉄大江戸線「本郷三丁目」駅より徒歩10分
- 東京メトロ南北線「東大前」駅より徒歩15分
- JR御茶ノ水駅・上野駅より路線バス「東大病院前」下車

# アクセスマップ



## 入院棟からのアクセス



エレベーターで中央診療棟7階まで上がった後は会場案内に従ってご来場ください

# プログラム

13:00 開会の辞

当番世話人 中村 匡徳 先生

13:00-14:40 *Part I*: 渦流とエネルギー損失・血栓形成

座長 北海道大学 医学部 循環病態内科 山田 聡 先生

座長 北里大学 医学部 小児科 本田 崇 先生

演題 1. 左心室内Energy Lossは何を反映するか？

—心室間連関に関する新たな知見

北里大学 医学部 小児科 本田 崇 先生

演題 2. 頻拍誘発性心筋症モデル作成過程における左心室内渦流動態の変化

東京農工大学 農学部 共同獣医学科 合屋 征二郎 先生

休憩 5分間

演題 3. 僧帽弁手術によるblood flowの影響とenergy lossの変化

京都府立医科大学 麻酔学教室外科 秋山 浩一 先生

演題 4. 体外循環における血栓の電気計測

千葉大学大学院 工学研究科 菊地 大輔 先生

休憩 14:40-14:50

14:50-16:30 *Part II*: 旋回流・壁面流れと大動脈弁・大動脈疾患

座長 埼玉大学 大学院理工学研究科 中村 匡徳 先生

座長 京都府立医科大学 心臓血管外科 沼田 智 先生

演題 5. PWV計測による非侵襲血管病診断の問題点と今後の展望

京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科 福井 智宏 先生

演題 6. 胸部大動脈の流体力学解析と外科的意義

京都府立医科大学 心臓血管外科 沼田 智 先生

休憩 5分間

# プログラム

演題7. ミニブタ二尖弁化モデル実験によるBicuspid aortopathyの機序解明

自治医科大学 さいたま医療センター 木村 直行 先生

演題 8. 三次元カラー Doppler法による大動脈弁閉鎖不全症の左室内血流の一例

北海道循環器病院 臨床検査科 窪田 由季 先生

(演題8に対する補演題) 超音波VFM (Vector Flow Mapping) 3次元化の可能性

京都府立医科大学 心臓血管外科 板谷 慶一 先生

## 休憩 16:30-16:40

### 16:40-18:20 Part III: 拡張期血流の駆動力と心機能・心不全

座長 心臓血管研究所 上嶋 徳久 先生

座長 東京農工大学 共同獣医学科 合屋 征二郎 先生

演題 9. ファロー四徴症術後の左室拡張期の運動エネルギー損失指標の評価

—MRIから算出された指標との関連—

長野県立こども病院 エコーセンター 齊川 祐子 先生

演題 10. 左室心尖部の局所壁運動異常が左室suctionに及ぼす影響

北海道大学 大学院医学研究科 循環病態内科学 岩野 弘幸 先生

## 休憩 5分間

演題 11. ファロー四徴症術後患者における左室拡張能低下のメカニズム

—左室内圧較差による検討—

順天堂大学 小児科 小林 真紀 先生

演題 12. Atrial kickを血流の側面から考える。

戸田中央総合病院 循環器内科 高橋 梨紗 先生

18:20 総括及び閉会の辞

代表世話人 板谷 慶一 先生

# 演題 1

## 左心室内Energy Lossは何を反映するか？—心室間連関に関する新たな知見

本田 崇<sup>1</sup> 板谷慶一<sup>2</sup> 高梨 学<sup>1</sup> 北川篤史<sup>1</sup> 安藤 寿<sup>1</sup> 木村純人<sup>1</sup> 宮崎翔平<sup>3</sup>  
宮地 鑑<sup>3</sup> 石井正浩<sup>1</sup>

<sup>1</sup>北里大学医学部小児科

<sup>2</sup>京都府立医科大学心臓血管外科

<sup>3</sup>北里大学医学部心臓血管外科

【背景】 Vector Flow Mapping(VFM)エコーの普及によって、容易に左心室内Energy Loss(EL)を計測することが可能となった。左心室内ELはそれ自体が左室負荷となるために心負荷の新たなパラメータとして期待されるが、左心室内ELが何を反映するかは不明である。

【目的】 左心室内ELの特性を明らかにすること。

【方法】 26名のVSDを有する乳児を対象とした。Prosound F75(Hitachi Aloka Co.)を用いて、左室3腔像より左心室内ELを計測し、1心周期の最大値をpeak EL (ELP)、拡張期および収縮期のELをDiastolic EL (ELD)、Systolic EL (ELS)とした。同時に心臓カテーテル検査と血液検査を行い、既存のパラメータとの関連を評価した。さらに、ランダムに選択した14例において手術前後の左心室内ELの変化を評価した。

【結果】 ELD、ELP、ELSは右室収縮期圧と強い正の相関を認め( $p < 0.0001$ 、 $r = 0.0001$ 、 $0.0029$ )、右室拡張期圧とも強い正の相関関係にあった( $p = 0.0038$ 、 $0.0120$ 、 $0.0111$ )。ELDは肺血流量と有意な正の相関を認めた( $p = 0.0263$ )。また、ELD、ELP、ELSは脳性ナトリウムペプチド(BNP)と有意な相関関係を認めた( $p < 0.0001$ 、 $< 0.0001$ 、and  $= 0.0116$ , respectively)。VSD閉鎖術後にはELD、ELP、ELSは有意に減少した( $p = 0.0003$ 、 $0.00033$ , and  $0.0002$ )。

【結語】 左心室内ELは右室圧に強く規定されることが明らかになった。このことは右心室圧が左心室内のエネルギー動態へ影響を与えていることを意味しており、これまで不明であった心室内連関の機序の1つであると考えられた。左心室内ELは心室間連関によって左心室が右心室から受ける影響を反映する定量的指標として期待できる。



## 演題 2

### 頻拍誘発性心筋症モデル作成過程における左心室内渦流動態の変化

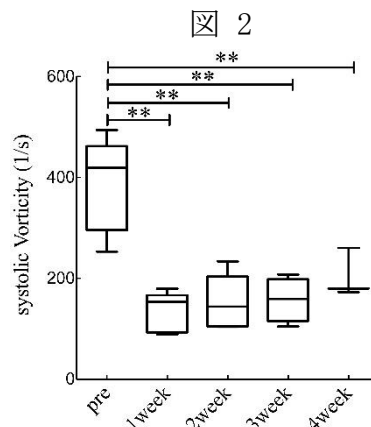
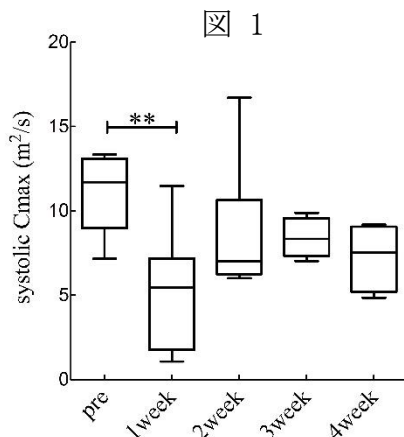
合屋征二郎 和田智樹 横田俊輝 福島隆治 田中綾

東京農工大学 農学部 共同獣医学科 獣医外科研究室

【背景】VFM (Vector Flow Mapping)は、渦度や循環、エネルギー損失量など多くの独特なパラメータを有しているが、それらが各種心機能とどのような関係にあるのかを明らかにした報告は少ない。前回の血流会で我々は正常犬にドブタミンを投与することで、収縮期に心室内にできる渦の循環(収縮期最大循環: systolic Cmax)がdP/dtと高い相関性をもつことを明らかにし、収縮能の指標としての有用性を示した。しかしながら、収縮能の低下した症例であってもsystolic Cmaxが有用かどうかは明らかにできなかった。また、それ以外のパラメータがどのように変化するかを明らかにした研究報告は我々が知る限りない。今回我々は、頻拍誘発性心筋症モデル犬を作成する過程で変化する心機能とVFMパラメータを比較することで、VFMパラメータの特性を調査した。

[【方法】 正常ビーグル犬雌5頭に対して高度右室ペーシングを3週間250 bpmで行った後、さらに1週間200~220 bpmで行い、頻拍誘発性心筋症モデルを作成した。高度右室ペーシングを行う直前(pre)、開始1、2、3、4週間でそれぞれ心臓超音波検査を行った。検査の間、ペーシングは行わなかった。

【結果】 収縮期最大循環は、1週目で有意に低下したが、2週目以降は回復しpreとの有意差は見られなくなった(図1)。このときの渦度は1、2、3、4週目全てにおいてpreと比べて有意に低下していたが(図2)、渦面積は逆に上昇傾向にあった。systolic Cmaxは左室拍出量とやや高い相関性を示したが( $R = 0.60$ )、その他の収縮能の指標との相関は低かった。一方、渦度は組織ドップラから得られたSmや、左室内径短縮率(FS)、PEPおよびPEP/ETといった収縮能の指標と高い相関性を有していた( $R = 0.87, 0.83, 0.78, 0.76$ )。拡張期最大循環(diastolic Cmax)はE波と非常に高い相関を示した( $R = 0.89$ )。またこの時の渦度とE波の相関性は0.68と循環よりも低かった。





## 演題 3

### 僧帽弁手術によるblood flowの影響とenergy lossの変化

秋山浩一

京都府立医科大学 麻酔科学教室

【背景】これまでの予備研究の結果、僧帽弁置換術を行うと左室内vortexの向きが逆転することがわかってきている。そこでVFMを用いて、僧帽弁手術を行った患者で、術前後の左室内血流とenergy lossの評価を行った。

【方法】僧帽弁閉鎖不全症患者に対する、僧帽弁形成術5例、僧帽弁置換術3例でVFMを用いた解析を行った。術中に経食道心エコーを用いて人工心肺前後の画像を収集し、術後オフラインにてvortexとenergy lossを解析した。

【結果】 Vortexに関しては僧帽弁形成術で全例方向は変化せず、僧帽弁置換術においては全例逆向きへと変化した。Energy lossに関しては、僧帽弁形成術と置換術では術前後の変化率が有意な差が見られた。

【結語】僧帽弁手術の種類によって左室内vortexの向きの変化とenergy lossの変化が大きく異なっていた。僧帽弁置換術では術後の左室への負担が大きいと考えられる。

## 演題 4

### 体外循環における血栓の電気計測

菊地大輔<sup>1</sup> Dung NGUYEN HUU<sup>1</sup> Achyut SAPKOTA<sup>2</sup> 武居昌宏<sup>1</sup>

<sup>1</sup>千葉大学 大学院工学研究科

<sup>2</sup>木更津工業高等専門学校

【目的】血栓の有無は循環器系の疾患はもちろん、循環器デバイスの設計・開発においても重要な判断基準となる。現在、体外循環における血栓形成のモニタリング手法は確立されていない。光や音による計測手法の研究も行われているが、血液と血栓の明確な差異を見つけることが困難であることが現状である。まず、静止場における血栓体積・血栓ヘマトクリットと電気特性との関係を明らかにし、電気計測による流路中の血栓計測の可能性を示す。

【内容】静止場において、血栓体積・血栓ヘマトクリットを変化させたときのインピーダンスを計測し、結果として100kHzから1MHzの範囲で誘電率との線形性を得た。クエン酸ナトリウムにより抗凝固されたウシ血液に凝固薬として0.02M塩化カルシウム液を投与する血栓形成過程において、特定の周波数帯で血液の誘電率にピークが現れた。誘電率による解析では周波数依存性が高いため、周波数に依存しないパラメータとしてCole-Cole解析によって求められる緩和周波数を用いて改めて解析を行った。結果として、血栓形成過程において血液の緩和周波数にもピークが現れた。誘電率のピークと比較して、ピーク時間が早く、より早期の血栓検出が可能であると考えられる。

ヘパリン処理された流路にクエン酸ナトリウムにより抗凝固された豚血液を循環させ、塩化カルシウム液を徐々に投与していく血栓形成過程に対してインピーダンス計測を行い、同時にACT (Activated Clotting Time) を定期的に計測した。計測されたインピーダンスに対してCole-Cole解析によるパラメータ解析により、血液の緩和周波数を求めた結果、静止場の場合と同様にピークが現れた、また、同時に計測していたACTの値と比較して、ACTが150を下回った時間と緩和周波数のピークが一致したため、緩和周波数の変化は血栓形成によるものだと考えられる。血液の変化が電気特性に与える影響を検討するために、hanaiの式による血液の電気特性モデルとの比較を行い、赤血球膜の厚さと緩和周波数の間に関係があることが分かった。その結果から、緩和周波数が赤血球の凝集の度合いを表していると考えられる。

### PWV計測による非侵襲血管病診断の問題点と今後の展望

福井智宏<sup>1</sup> Kim H. Parker<sup>2</sup> 山口隆美<sup>3</sup>

<sup>1</sup>京都工芸繊維大学

<sup>2</sup>Imperial College London

<sup>3</sup>東北大学

脈波伝播速度 (Pulse Wave Velocity, PWV) 計測による非侵襲血管病診断が注目を集めている。PWVとは、左心室の収縮に伴う圧力波が血管壁を伝播する速度のことであり、この伝播速度は血管壁の性状を反映していることから、血管壁の硬さ (動脈硬化症) を定量的に評価することが可能であると期待されている。生体情報の非侵襲的計測技術の目覚ましい発展により、近年では数分で精度の良いPWV計測が可能となっており、今後ますますPWV計測による非侵襲血管病診断が進むと考えられる。ところが、実際の臨床現場では、このような血管病診断が必ずしも機能しているとは限らないとの報告も多数ある。本研究では、流体—固体連成解析による脈波伝播現象の考察を通して、現在の非侵襲血管病診断法の問題点と今後の展望について議論する。

## 胸部大動脈の流体力学解析と外科的意義

沼田智 板谷慶一 神田圭一 土井潔 山崎祥子 夜久均

京都府立医科大学 心臓血管外科

【背景, 目的】胸部大動脈に発生する疾患として急性大動脈解離、大動脈瘤などがあげられるが、それらには密接に流体力学的パラメーターが関与しているものと思われる。流体力学的解析はそれらの疾患の発生の機序を考察することに有用である事に加え、外科手術時のシミュレーションとしても寄与するものと思われる。今回、我々の施設で検討した、胸部大動脈の流体力学的解析について報告する。

### 【方法】

(研究1) CTデータから数値流体力学解析モデルを作成した(モデル1:典型的洋梨型大動脈弁輪拡大症、モデル2:大動脈弁輪拡大症+上行大動脈拡大症、モデル3:上行大動脈瘤+大動脈一尖弁、モデル4:遠位弓部大動脈瘤、モデル5:Bovine arch)。作成した数値流体力学モデルを用いて、生理的条件を加味した一心拍の拍動流解析を行った。血流の流線パターン(Streamline)、せん断応力(Wall shear stress=WSS)、せん断応力のベクトルゆらぎを示すOscillatory shear index(OSI)を測定した。

(研究2)人工心肺用動脈送血部位である右鎖骨下動脈送血と上行大動脈送血を流体力学的手法を用いて比較した。

### 【結果】

(研究1)大動脈径の拡大した部分に収縮期にらせん状の血流が発生し、その乱流により各症例に特徴的なWSSの分布をもたらすことが分かった。ほぼ全部の症例でSTjunction、近位下行大動脈の小彎側でのWSSの上昇が見られた。なお拡大した大動脈瘤内ではWSSは低くとどまっている。OSIはSTjunctionで高く、各症例の流線の特徴により上行大動脈から弓部にかけて長軸方向に高い部位が観察された。瘤内では全体には低い傾向があったが、瘤の頂点となる部位ではOSIの上昇する部位が見られた。

(研究2)右鎖骨下から送血された血液は全心サイクルにわたって右総頸動脈を灌流し、収縮期以外では左総頸動脈、左鎖骨下動脈も灌流した。しかし、鎖骨下動脈からの送血では大動脈内の血流がらせん状になる傾向があり、かつ上行大動脈内のWSSは上行大動脈送血時に比べて著明に上昇していた。上行大動脈送血では自己心臓からの血流と送血管からの血流がともに頸部分枝を灌流したが、WSSは上行大動脈ではあまり上昇しなかった。

【結語】WSSの高い部位は解離の好発部位を反映している。OSIの高い部位も同様に解離の発生部位を示唆する可能性がある。症例の蓄積を今後行う予定である。右鎖骨下動脈送血は術中の上行大動脈からの塞栓を予防する効果があると思われるが、上行大動脈の血流は乱流となっており、上行大動脈送血と比較すると心臓への後負荷になっている可能性がある。

## ミニブタ二尖弁化モデル実験によるBicuspid aortopathyの機序解明

木村直行<sup>1</sup> 川人宏次<sup>2</sup> 吉崎隆道<sup>1</sup> 佐藤弘隆<sup>2</sup> 小宮賢士<sup>3</sup> 矢田部恵<sup>3</sup>  
Tofrizal Bin Alimuddin<sup>3</sup> 安達秀雄<sup>1</sup> 屋代隆<sup>3</sup> 三澤吉雄<sup>2</sup> 中村匡徳<sup>3</sup>

<sup>1</sup>自治医科大学 さいたま医療センター 心臓血管外科

<sup>2</sup>自治医科大学 心臓血管外科

<sup>3</sup>自治医科大学 組織学講座

<sup>4</sup>埼玉大学 工学部 機械工学科

【背景】大動脈二尖弁に合併する胸部大動脈の拡大（Bicuspid aortopathy : BA）は、大動脈壁の先天的な脆弱性に加え、大動脈二尖弁の異常血流による血行力学的因子の関与も報告されている。今回我々は、BAの機序解明を目指し、ミニブタ動物実験モデルを使用したCFD血流解析を施行した。

【対象・方法】大動脈二尖弁化手術は、ミニブタ（雌・体重40-45kg）3匹に対し施行した。頸動静脈送脱血で体外循環を確立後、左開胸アプローチで心嚢切開し、常温で上行大動脈末梢側を遮断、心筋保護液は初回順行性に大動脈基部から投与した。上行大動脈切開後、大動脈弁3尖のうち、左冠尖と無冠尖を6-0針で縫合閉鎖し、二尖弁モデル（Sievers分類type1LN）を作成した。PC-MRIで血流量を計測するとともに、造影CT/エコーデータも併せたCFD血流解析を行い、術前・術後の大動脈壁面上のせん断応力分布と組織学的構造変化を調べた。

【結果】大動脈弁二尖弁化手術は、平均手術時間：276分、平均大動脈遮断時間：47分、平均体外循環時間：80分であり、手術死亡はなかったが、1頭は術後9時間後に死亡した。残り2頭は48時間後まで生存確認後、CT・MRI検査を施行し、安楽死させ大動脈組織を摘出した。二尖弁化後、触診で上行大動脈のJET 血流は確認され、エコー上でも40%の弁口面積縮小化を認めたが、大動脈弁圧格差は上昇しなかった。CFD血流解析では、術後上行大動脈大彎側を中心に壁面せん断応力の上昇を認めた。48時間異常血流に暴露された上行大動脈組織では、下行大動脈（negative control）に比べ、手術操作に伴う外膜を中心とする炎症細胞浸潤に加え、血管内皮細胞の不均一な構造変化が認められた。

【結論】ミニブタを使用したBAの新規動物実験モデルを確立した。CFD血流解析により、弁構造異常に特異的な壁面せん断応力分布変化が確認された。ミニブタ二尖弁化モデル実験は、組織学・分子細胞学的検証が可能であるため、血行力学的因子が大動脈に及ぼす影響とその機序解明に有用であると思われる。

## 演題 8

### 三次元カラードプラ法による大動脈弁閉鎖不全症の左室内血流の一例

窪田由季<sup>1</sup> 山本匡<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>社会医療法人 北海道循環器病院 臨床検査科

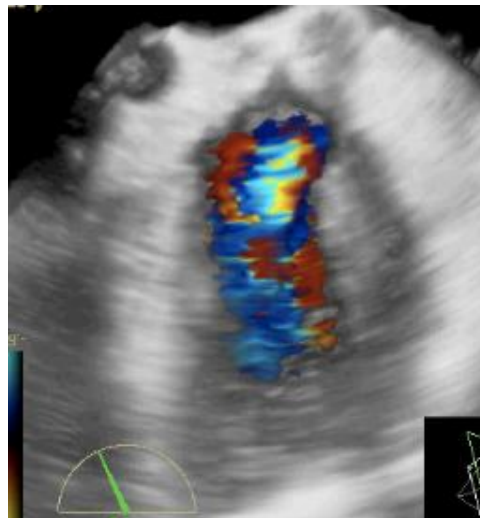
<sup>2</sup>社会医療法人 北海道循環器病院 心血管研究センター

<sup>3</sup>社会医療法人 北海道循環器病院 循環器内科

現在の超音波診断装置では三次元カラードプラ法による血流情報の可視化が可能である。今回、VIVID E9を用いた7心拍表示により大動脈弁閉鎖不全症(以下AR)患者における左室内の、特にARジェット周囲の心尖部方向から僧帽弁方向へ流れる血流がARジェットにスパイラス状に巻きつく流れの可視化が可能であった。

心形態および壁運動の変化に伴って生じる血流を評価することにより、 $\beta$ 遮断薬投与による効果等を含めた心機能評価の可能性を、この解析法を用いて可能か議論したい。

今後の課題は、三次元カラードプラ法の再現性、ARにおける左室内血流評価である。



## 演題 8に対する補演題

### 超音波VFM (Vector Flow Mapping) 3次元化の可能性

板谷慶一

京都府立医科大学 心臓血管外科

演題8「三次元カラードプラ法による大動脈弁閉鎖不全症の左室内血流の一例」のような3D color Dopplerで示唆的に提示される心内の旋回流(spiral flow)は二次元連続の式を基本とする現行のVFMの一つのlimitationであった。

「もしVFMが3次元だったら」という想いをかなえる方法として、理論的な整合性・超音波データの解像度の限界・コンピュータ上の演算負荷の観点からみて、現状で実装可能性がありそうな数学アルゴリズムの一案を提示する。

## 演題 9

### ファロー四徴症術後の左室拡張期の運動エネルギー損失指標の評価 —MRIから算出された指標との関連—

齊川祐子<sup>1,3</sup> 安河内聰<sup>1,2</sup> 島袋篤哉<sup>2</sup> 瀧間浄宏<sup>2</sup> 武井黄太<sup>2</sup> 田澤星一<sup>2</sup>  
蝦名冨<sup>1,3</sup> 柴田綾<sup>3</sup> 日高恵以子<sup>3</sup>

長野県立こども病院 <sup>1</sup>エコーセンター <sup>2</sup>循環器小児科 <sup>3</sup>臨床検査科

【背景】心機能評価において、心室の容積や駆出率を用いた報告は多いが、左室内の血流運動エネルギーが心機能に与える影響についての報告はない。

【目的】Vector Flow Mapping (VFM)を用いて、ファロー四徴症術後患者 (TOF) における、左室拡張期の血流運動エネルギー損失 (dEL) とMRIから算出された心室の心機能指標や大血管の血流量、心エコー検査の各種心機能指標との関係について検討すること。

【方法】対象は、MRIを撮像し、前後半年以内にVFMを記録したTOF 29名 (年齢;  $13.2 \pm 5.7$ 歳) および正常小児 (N) 16名 (年齢;  $8.9 \pm 4.6$ 歳)。使用した心臓超音波装置はProsound F 75 (日立・アロカ社)、心尖部長軸断面の2DカラードップラをVFM解析用に記録し、保存。Off-line外部解析ソフトDAS-RS1 (日立・アロカ社) (Itatani K et al) を用いて、拡張期の左室内各2次元座標軸上の血流運動エネルギーを算出し、その差分から拡張期血流運動エネルギー損失 (dEL) を算出。また僧帽弁通過血流から算出した拡張期左室流入エネルギー (KEin) を算出しdEL/KEinを求めた。MRI装置Philips社製マルチバ1.5Tを使用し、PC Cine Q Flow法を用いて、血流量および各心室の容積を測定し、dEL/KEinと比較した。

【結果】TOF群は、N群に比しdEL/KEin は $0.23 \pm 0.22$  vs  $0.062 \pm 0.029$  (mean  $\pm$  SD)と有意に高値を示した。TOF群におけるdEL /KEinと他の心機能指標との検討では、dEL/KEinが0.2以上と0.2未満群に分けて検討した結果、dEL/KE inが0.2以上のTOFは、左室心係数 (LVCI) が低下し、肺動脈弁での駆出量 (PASV) は高値であった。体表面積で補正した左室拡張末期容積 (LVEDVi) や左室駆出率 (LVEF)、体表面積で補正した右室拡張末期容積 (RVEDVi)、右室駆出率 (LVEF) に2群間に有意差は認められなかった。

【考察】dEL/KEinを左室拡張期エネルギー損失の指標として考えると、エネルギー損失が大きいほどLVCIが低下していることは、矛盾がない。dEL/KEinは、肺動脈弁通過血流が多いほど、即ち拡張期右室容量負荷が大きい程増加していると考えられ、このことは、右室拡張期容量負荷による心室中隔の変位が、拡張期の左室内の血流動態に影響を与えていると考えられる。

【結語】TOFにおける左室拡張期血流運動エネルギー損失は、左室の容積や駆出率とは独立して左室の心拍出に影響を与えている。



# 演題 10

## 左室心尖部の局所壁運動異常が左室suctionに及ぼす影響

岩野弘幸<sup>1,2</sup> 大原貴裕<sup>3</sup> 山田 聡<sup>1</sup>

<sup>1</sup>北海道大学 大学院医学研究科 循環病態内科学

<sup>2</sup>ミシシッピ大学 メディカルセンター

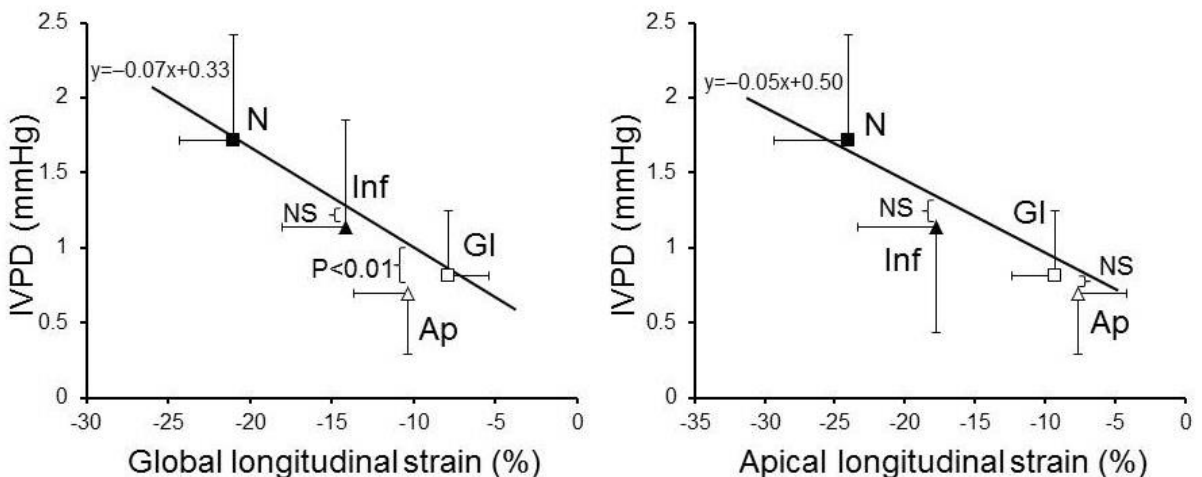
<sup>3</sup>国立循環器病センター 心不全科

【背景】 拡張早期には、左室心尖部の圧が下降して左室内圧較差（IVPD）が生じ、IVPDによって左室の急速充満が起こる。左室心尖部の局所壁運動異常は左室suctionを減弱し、IVPDを高度に低下させることが予想される。

【方法】 健常対照（N）26例、びまん性左室収縮障害を有する患者（GI）34例、陳旧性下壁心筋梗塞患者（Inf）23例、心尖部に局所壁運動異常を有する陳旧性前壁心筋梗塞患者（Ap）32例で心エコー法を行い、左室流入血流のカラーMモード像で得られた時間（ $t$ ）、距離（ $s$ ）、血流速度（ $v$ ）のデータから、オイラーの運動方程式  $\partial P/\partial s = -\rho(\partial v/\partial t + v\partial v/\partial s)$  を積分することにより左室中部-心尖部間のIVPDを推定した。心尖部二腔像と四腔像でスペクトルトラッキング法を用いて長軸方向ストレインを算出し、グローバルストレイン（GLS）と心尖部の局所ストレイン（ApLS）を計測した。

【結果】 GLSはN、Inf、Ap、GIの順に低下したのに対して、ApLSはN、Inf、GI、Apの順に低下した（いずれもANOVA  $P < 0.01$ ）。IVPDはApLSと同様にN、Inf、GI、Apの順に低下した。NとGIにおけるIVPD-GLS間とIVPD-ApLS間の回帰直線はそれぞれ  $IVPD = 0.33 - 0.07 \times GLS$ 、 $IVPD = 0.50 - 0.05 \times ApLS$  であった。Apにおいて、IVPDはGLSから推定される値よりも有意に低値であったが、ApLSから推定される値とは同程度であった。一方Infでは、IVPDは両方の回帰直線上に位置していた（図）。

【結論】 左室心尖部の局所壁運動異常は、左室全体機能から予想される以上に左室suctionを減弱し、IVPDを高度に低下させる。



### ファロー四徴症術後患者における左室拡張能低下のメカニズム —左室内圧較差による検討—

小林真紀<sup>1</sup> 高橋健<sup>1</sup> 山田真梨子<sup>1</sup> 秋元かつみ<sup>1</sup> 稀代雅彦<sup>1</sup> 新居正基<sup>2</sup> 瀧間浄宏<sup>3</sup>  
豊野学朋<sup>4</sup> 岩島寛<sup>5</sup> 川崎志保里<sup>6</sup> 板谷慶一<sup>7</sup> 清水俊明<sup>1</sup>

<sup>1</sup>順天堂大学 医学部 小児科

<sup>2</sup>静岡県立こども病院 循環器科

<sup>3</sup>長野県立こども病院 循環器科

<sup>4</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>5</sup>浜松医科大学 小児科学教室

<sup>6</sup>順天堂大学 医学部 心臓血管外科

<sup>7</sup>京都府立医科大学 心臓血管外科

【目的】心内修復術後のファロー四徴症（TOF）においては、左室機能が生命予後に影響する。拡張早期左室内圧較差（intraventricular pressure difference : IVPG）は、新たな左室拡張能の重要な指標だが、TOF術後患者におけるIVPG評価の報告は存在しない。今回我々はTOF術後患者の左室拡張能異常の特徴を明らかにするため、IVPGの解析を行った。

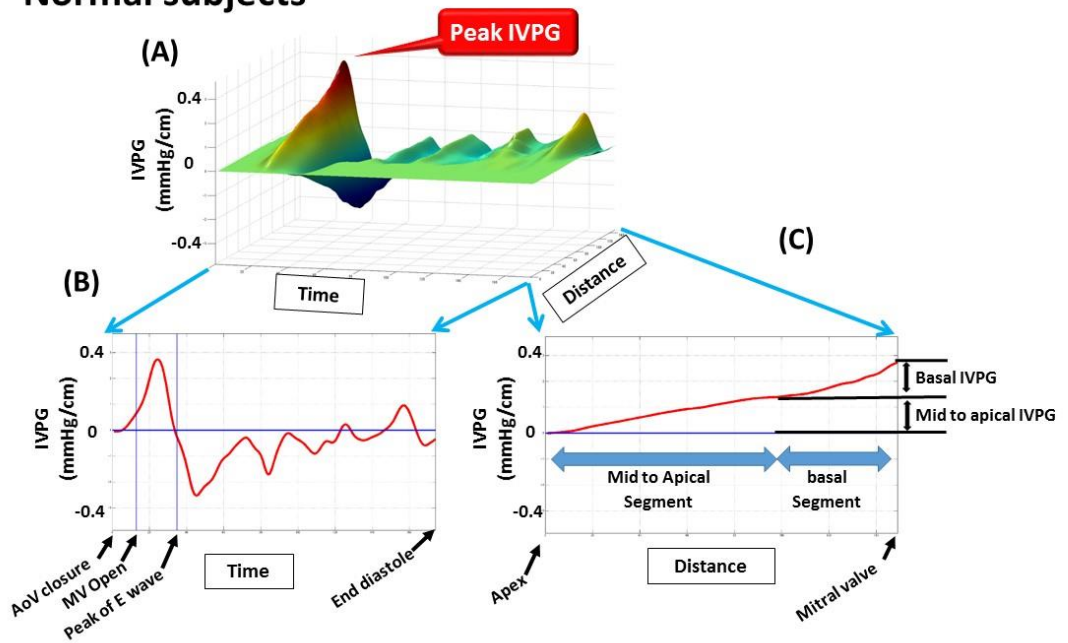
#### 【方法】

4歳から39歳の心内修復術後TOF患者39例と4歳から40歳の正常対照群114例を対象とし、心臓超音波を施行した。心尖部四腔断面像のカラーMモード画像から流体力学のオイラーの方程式を用い、左室の全IVPG及び、心尖部から僧帽弁までを左室全体の心尖部側2/3（中間部/心尖部IVPG）と心基部側1/3（心基部IVPG）の2つに分割し各部位のIVPGを測定した。またスペックルトラッキング法により、左室の捻じれ角度（Torsion）およびその角速度（Untwisting rate）、円周方向および長軸方向のストレイン（CS 及びLS）とその速度（CSR 及びLSR）などの左室の変形能を評価し、TOF群と正常群を各パラメーターについて比較検討した。

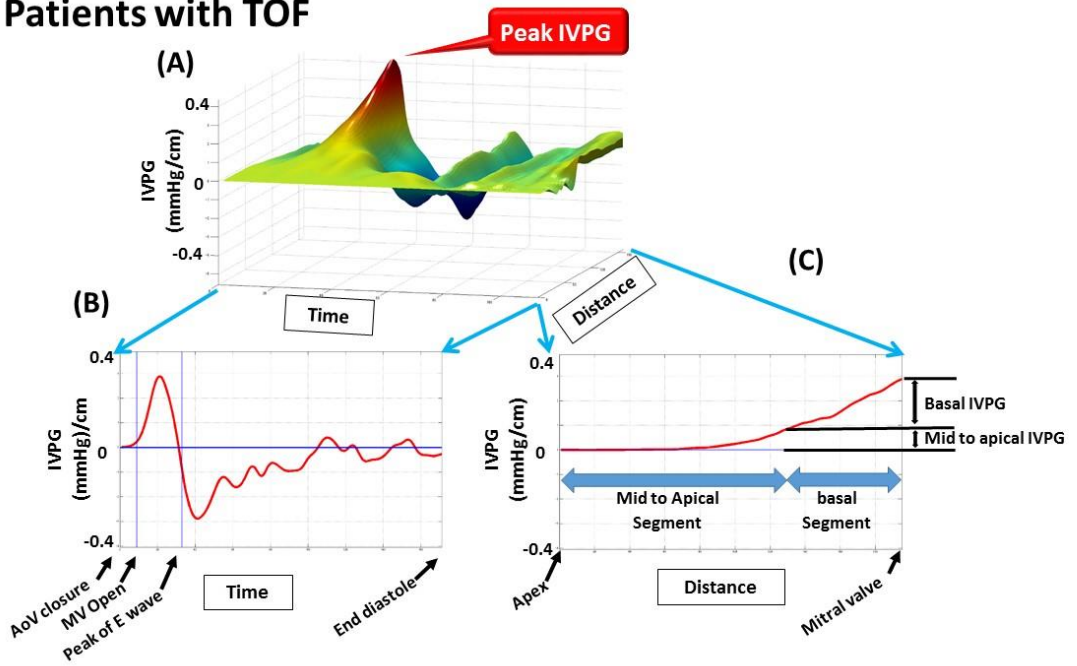
【結果】全IVPGはTOF群（ $0.43 \pm 0.12$  mmHg/cm）と正常群（ $0.41 \pm 0.09$  mmHg/cm）で有意差は認めなかった。心基部IVPGは、TOF群（ $0.29 \pm 0.09$  mmHg/cm）は正常群（ $0.22 \pm 0.06$  mmHg/cm）と比較し有意に高値であり（ $p < 0.001$ ）、正常群でのみLS及びLSRと有意に相関した。中間部/心尖部IVPGは、TOF群（ $0.14 \pm 0.06$  mmHg/cm）は正常群（ $0.19 \pm 0.06$  mmHg/cm）と比較し有意に低値であった（ $p < 0.001$ ）。また正常群とTOF患者を含む全ての対象において、Torsion、Untwisting rate、CS及びCSRの低下と有意に相関して中間部/心尖部IVPGは低下した。

【考察】TOF患者において、左室変形能の低下に伴い中間部から心尖部のIVPGが低下し、拡張早期の同部位への血液流入が阻害されている。これらがTOF患者において特徴的な左室拡張能低下の機序であると考えられた。IVPG測定においては、左室全体のIVPGを評価するだけでは不十分であり、部位別IVPGの測定が有用であることも示唆された。これらはTOFにおける拡張機能低下のメカニズムの新しい知見である。

## Normal subjects



## Patients with TOF



### Atrial kickを血流の側面から考える

高橋梨紗

戸田中央総合病院 循環器内科

Atrial kickとは、左室弛緩機能が低下した時に心房収縮が亢進し心拍出を補う現象をとらえた言葉である。もともとは容量に関するものであるが、左室内の流れに与えるAtrial kickの効果は論じられたことはない。

私たちは、VFM(日立アロカ)を用いて算出されたベクトルデータから、僧帽弁弁尖に仮想インクを加えてトラッキングさせ流れを可視化する、いわゆる仮想インク法を確立した。この方法を用いて、拡張早期にインクを加えた場合と、心房収縮期にインクを加えた場合とで、その後の流れがどのようになるのかを比べて、Atrial kickの効果を観察してみた。

対象は、92例の心不全患者で、内24例は心不全の既往がある重症患者である。重症心不全例では、心房収縮期にインクを加えた場合のインク駆出率(direct flow ratio)が優位に低値で、他のエコー指標で補正したとしても統計学的優位性は保たれていた。当日は、インク流れの実際を提示し、心不全の重症化におけるAtrial kickの意義について考察してみたいと思います。