

第15回 血流会 プログラム・抄録集

当番世話人 大手信之

開催日：2024 年 3 月 23 日 (土)

会場：名古屋市立大学桜山キャンパス

医学研究科・医学部研究棟11階 講義室A

■参加者の皆様へ

研究会に参加される方には必ず受付をお願い致します

参加費：¥ 5 0 0

■講演発表の先生方へ

発表について

- 講演は1演題20分です。
- 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お願いします。
- 発表の10分前には会場にご着席ください。

発表データについて

- 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によるメディアの持ち込みが可能です。動画や音声をご使用の場合にはご自身のPCをお使いください。
- 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。

■会場へのアクセス

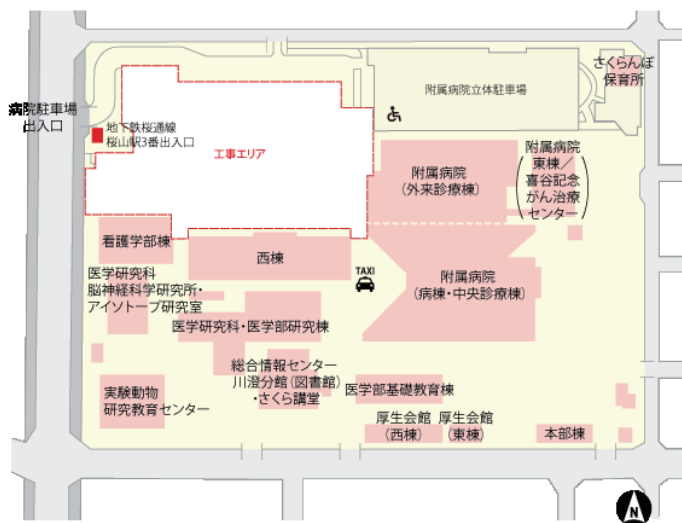
名古屋市立大学桜山キャンパス

医学研究科・医学部研究棟11階 講義室A

■交通案内

市営地下鉄桜通線桜山駅（名古屋駅から約18分）3番出口をご利用ください。キャンパスは工事中ですので、地上に出られたら左手（南）に向かって道沿いに歩いていただき市大病院前交差点を左折、約30m進んでいただき、医学部正門から構内に入っていただきますと医学研究科・医学部研究棟が正面に見えます。

■ 周边地图



■ プログラム

12:00 - 12:30 世話人会

12:30 - 12:35 開会挨拶

大手信之先生

12:35 - 13:25 セッションI 心内圧較差と心機能

座長: 心臓血管研究所 上嶋徳久 先生
富山大学 工学部工学科 長谷川英之 先生

演題1: 12:35 - 13:00

廣瀬碧紀先生 東京農工大学 獣医外科学研究室 肥大型心筋症罹患猫における心室内圧較差(IVPG)を用いた拡張能の評価

演題2: 13:00 - 13:25

岩島寛先生 中東遠総合医療センター小児循環器科 糖尿病母体児における左室内圧較差について

13:25-13:35 休憩10分

13:35 - 14:50 セッションII 血流計測技術の新たな展望

座長: 名古屋市立大学 循環器内科 瀬尾由広 先生
名古屋工業大学 電気・機械学科 中村匡徳 先生

演題3: 13:35 - 14:00

長谷川英之先生 富山大学学術研究部工学系 ベクトルドブラ法における受信エコー信号の波面方向推定の効果

演題4: 14:00 - 14:25

長尾宗英先生 大阪公立大学心臓血管外科 iTFlowを用いた4dflow MRI血流解析によるAF MRとStructure MRとの比較検討

演題5: 14:25 - 14:50

西山樹先生 順天堂大学大学院 小児思春期発達・病態学講座 小児がん経験者における流線トポロジー解析を用いた左心室内血流パターンの検討

14:50-15:00 休憩10分

15:00 - 16:15 セッションIII 血流がもたらすメカニクス

座長: 早稲田大学 創造理工学部総合機械工学科 寺原 拓哉 先生
東京農工大学 農学研究院動物生命科学部門 田中 綾 先生

演題6: 15:00 - 15:25

上野総一郎先生 千葉大学 ヘパリン投与中の血液の誘電特性解析

演題7: 15:25 - 15:50

篠原務先生 名古屋市立大学小児科 病的高シェアストレスが生じる肺動脈病変の発症・進行メカニズムの解明とその治療応用

演題8: 15:50 - 16:15

澁谷悠馬先生 長野県立こども病院 Vector Flow Mappingを用いたFontan術後患者の心室内Energy Lossについての検討

16:15-16:25 休憩10分

16:25 - 17:40 セッションIV 心血管構造と血流の新知見

座長: 順天堂大学浦安病院 小児科 高橋健 先生

近畿大学 麻酔科 秋山浩一 先生

演題9: 16:25 - 16:50

浅野聡先生 長野県立こども病院 Vector Flow Mappingを用いた右室流出路形成術後における左心室内Energy Lossについての検討

演題10: 16:50 - 17:15

三浦紘花先生 早稲田大学滝沢研究室 大動脈弓部と弁によるバルサルバ洞内の渦形成の考察

演題11: 17:15 - 17:40

齋藤耀玖先生 早稲田大学滝沢研究室 腹部大動脈瘤形成における血流動態に対する考察

17:40 - 17:45 閉会挨拶

板谷慶一先生

■演題：1

肥大型心筋症罹患猫における心室内圧較差(IVPG)を用いた拡張能の評価

廣瀬碧紀1)、濱部理奈1)、島田香寿美1)、横井愛美1)、長谷川瑞希1)、高橋健2)、田中綾1)

1) 東京農工大学 獣医外科学研究室

2) 順天堂大学 小児循環器科

猫の肥大型心筋症（HCM）は突然死のリスクが高い疾患であり、若齢期での罹患も稀ではない。猫のHCMでは拡張能の低下や左室流出路の動的狭窄の程度など病態に個体差が多く、病態に合わせた治療法の選択が重要となる。猫は人や犬と比較して心拍数が速いため、左室流入波形は融合波を呈することが多く、左室流入波形を用いたうっ血や拡張障害の評価は困難な症例が多い。このため猫では血栓症や肺水腫のリスクを評価するために、左房機能・形態も含めた病態評価も行われている。

心室内圧較差(IVPG)の評価は、左室の能動的弛緩能を反映するとされ、左房機能と組み合わせることによって猫のHCMのより詳細な評価が可能となるのではと考えた。カラーM modeを用いるIVPGの計測は時間分解能が高く、心拍数の速い症例の心機能評価が可能であるという点でも臨床現場での活用が期待される。本研究では左室内を3分画にわけBasalIVPG、Mid IVPG、Apical IVPGとし、HCM罹患猫のIVPGと左心房ストレインを組み合わせることで評価することによって、各症例における左房機能と拡張障害の関連について検討した。

演題：2

糖尿病母体児における左室内圧較差について

岩島 覚¹⁾ 高橋 健²⁾

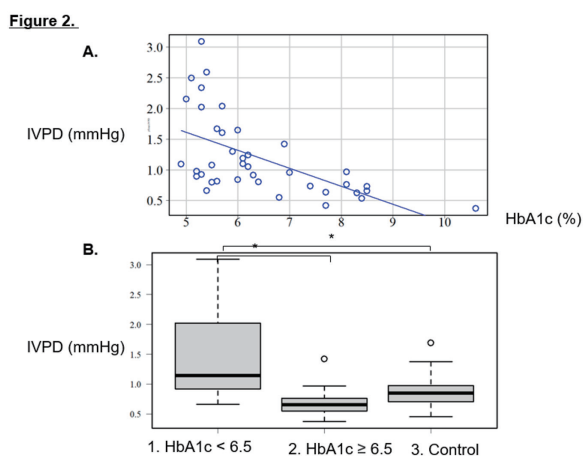
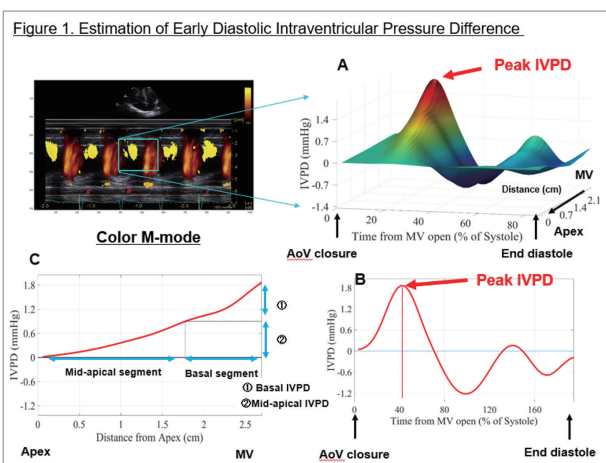
中東遠総合医療センター小児循環器科¹⁾ 順天堂大学医学部附属浦安病院小児科²⁾

【はじめに】我々は、GDM児における出生後の心エコーによる心筋仕事量（Myocardial Works; MCW）を検討し、妊娠中の母体HbA1cレベルが6.5%未満に保たれた群では、HbA1cが6.5%以上の群と比較してMCWが有意に良好であることを報告した（Circ J. 2023; 87(8):1095-1102. doi: 10.1253/circj.）。また、GDM妊娠中のHbA1cレベルがGDM児の左室内圧較差（IVPD）と負の相関を示すことも明らかにした。

【対象と方法】対象はGDM児42例と正常新生児39例。IVPDはColor M-mode法を用いたオイラーの法則に基づく解析（Figure 1）を行い、各種心機能指標を比較検討した。結果は中央値と四分位範囲（IQR）で示しP値<0.05*を統計学的に有意とした。

【結果】GDM妊娠中のHbA1cレベルは、生後のGDM児のIVPDと有意な負の相関を示した（Figure 2_A, $r=-0.657$, $P<0.001$ ）。その他の指標としてSimpson法によるLVEF（ $r=-0.425^*$ ）、LV_GLS（ $r=-0.312^*$ ）においても有意な負の相関を認めた。左室中隔壁厚においては有意な正相関（ $r=0.635^*$ ）を認めた。IVPDについて3群の比較において母体HbA1c6.5%未満群vs6.5%以上群 コントロール群 1.14 [0.66-3.09] vs 0.66 [0.37-1.42] vs 0.85 [0.45-1.69]と3群で有意な差を認めた（Figure2_B）。（Figure2_B）。

【考察】高血糖状態における糖尿病心筋は、グルコースから脂肪酸またはケトン体代謝へのシフトによって心機能障害の予防に寄与する代償機能が報告されている。GDM児の出生後のIVPDは、妊娠中にHbA1cを6.5%未満に保つことにより代償的に増加している可能性が考えられた。今後はさらに症例数を増やし、さらに検討を行う必要がある。



■演題：3

ベクトルドプラ法における受信エコー信号の波面方向推定の効果

長谷川英之¹, 大村眞朗¹, 長岡 亮¹, 斎藤こずえ²

¹ 富山大学学術研究部工学系

² 奈良県立医科大学神経内科・脳卒中センター

超音波ドプラ法では、原理的に超音波伝搬方向の流速しか推定できないため、そのような課題を克服し、流速ベクトルを推定する手法の1つとして、複数の方向からビーム方向速度を計測して流速ベクトルを推定するベクトルドプラ法が挙げられる。ベクトルドプラ法では複数の偏向角度の超音波ビームを重ね合わせて計測を行う必要があるが、偏向角度を大きくすると開口幅に対し血流描出範囲が小さくなるため、偏向角度は可能な限り小さくする必要がある。一方、偏向角度が小さくなると、少しの偏向角度設定誤差が大きな流速ベクトル推定誤差につながるという問題がある。ベクトルドプラ法においては一般的に、ビームフォーミング時に設定したビーム偏向角度を参照するが、実際に送受信を行った超音波エコー信号の波面方向は、血球からの多数の散乱波どうしの干渉によって局所ごとに変動するため、ビームフォーミング時に設定した偏向角度とは必ずしも一致しない。本報告では、受信エコー信号の位相を用いて、受信波の波数ベクトルを推定する手法を報告する。血流計測を含む超音波イメージングでは、単一周波数の連続波超音波ではなく帯域を有する超音波パルスを使用するため、干渉が生じると中心周波数も変動する。波数ベクトルを推定することにより、超音波伝搬方向の中心周波数および波面の方向（ビーム方向と垂直な方向）を局所ごとに決定することができ、中心周波数の推定によりビーム方向速度の推定精度が改善するとともに、ビーム方向も局所ごとに決定することによりベクトルドプラ法による流速ベクトル推定精度も向上する。本報告では、数値シミュレーションにより波数ベクトル推定の効果を示すとともに、ヒト頸動脈におけるin vivo計測結果を示す。

■演題：4

IT Flowを用いた4dflow MRI血流解析によるAF MRとStructure MRとの比較検討

長尾宗英1) 高橋洋介2) 森崎晃正2) 左近慶人2) 西矢健太2) 因野剛紀2) 西本弘幸2) 野田和樹2) 柴田利彦2) 板谷慶一 3)

1) 大阪公立大学 大学院 臨床研究科 心臓血管外科学

2) 大阪公立大学 心臓血管外科学教室

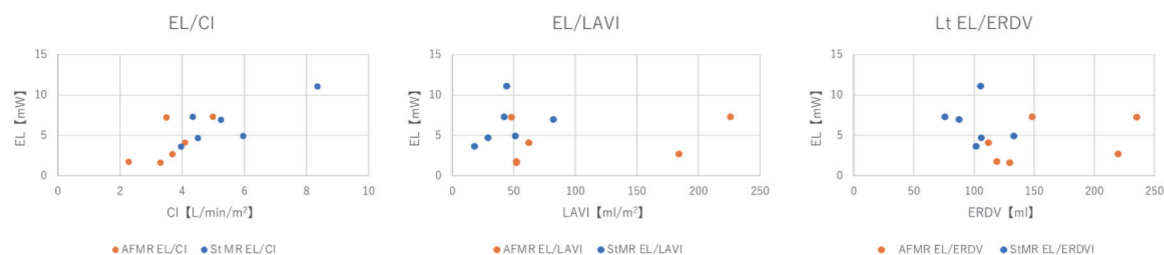
3) 名古屋市立大学 心臓血管外科学教室

【背景】機能性MRは左室機能低下に伴う僧帽弁テザリングによるMRと主に心房細動例で左房拡大とそれに伴う弁輪拡大を主因とするAtrial functional MR(以下AFMR)とに大きく分けられるが、AFMRに関するエビデンスは乏しく、両心室機能不全や三尖弁逆流が病態や臨床経過を複雑にしている。このためAFMRはdual valve diseaseになることもまれではなく、外科治療において明確な治療介入基準が定めにくい側面がある。本研究ではAFMRの血行動態の特徴を明確にすべく心機能と血行動態を包括的に評価できる4D flow MRIを用いて、僧帽弁逸脱症による器質性僧帽弁閉鎖不全 (StMR：Structure MRとする)とAFMRとを比較し、心室間相互作用含めた病態の解明を目指した。

【方法】比較的rate controlのついており十分な画質の得られたAFMR患者6名とStMR患者6名とで4D flow MRIを撮像し、後解析ソフトウェアiTFlow (Cardio Flow Design Inc.)で解析し、心拍出量、逆流量、心室容積に加え臨床像と比較した。Energy loss(以下EL)を $\mu \sum_i \int (\partial u_i / \partial x_j + \partial u_i / \partial x_j)^2 dv$ で定義し、左右心室と両心房、両大血管を含む領域で左心系ELと右心系ELとを計測した。

【結果】AFMRではStMRに比して左心係数(CI)、ELともに低下する傾向にあり、特にSevere TRを伴うAFMRは右室拡大とともにCI、ELが低下する傾向を示した。高度左房拡大をきたす症例は罹患歴が長く、逆流率とELが高い症例では手術後の心不全管理に難渋する症例も経験した。

【結語】解析症例数が少なく統計的な結論を得られるに至らなかったが、AFMRに伴う心室間相互作用の特徴や罹患歴の長さや臨床像をELに基づき分析した。



■演題：5

小児がん経験者における流線トポロジー解析を用いた左心室内血流パターンの検討

西山 樹 1)、高橋 健 2)、赤塚祐介 1)、加護祐久 3)、秋谷 梓 3)、細野 優 3)、重光幸栄 3)、谷口明德 3)、富田 理 3)、藤村純也 3)、斎藤正博 3)、板谷慶一 4)、坂上貴之 5)、清水俊明 3)

- 1) 順天堂大学大学院 小児思春期発達・病態学講座
- 2) 順天堂大学医学部附属浦安病院 小児科
- 3) 順天堂大学 小児科学講座
- 4) 名古屋市立大学 心臓血管外科
- 5) 京都大学 数学教室

【背景】近年の画像技術の進歩により心室内の血流の可視化が可能となり、位相幾何学と力学理論を用いて正確に血流パターンを同定する理論である流線トポロジー解析(Topological Flow Data Analysis; TFD解析)が提唱された。同理論は新たな心機能指標となる可能性があるが、それを用いた研究はまだ報告されていない。

【目的】TFD解析を用いて正常な小児から若年成人の左心室内血流パターンを明らかにすること。また、小児がん経験者におけるこれらの変化を評価し、鋭敏な心機能指標になり得るか検討すること。

【方法】対象は当院でアントラサイクリンを含む化学療法を行い、左室長軸方向ストレインの低下($14.2 \pm 1.0\%$)を認めた小児がん経験者20例(C群)と年齢を合わせた正常対照20例(N群)とした。TFD解析ではVector Flow Mapping(Cardio Flow Design社)を用いて、心尖部三腔像カラードプラ画像から渦流構造や鞍点を抽出した。

【結果】TFD解析ではN群において駆出期を通じて僧帽弁下に時計回りの渦が存在し、心尖から流出路への血流が発生した。拡張期には僧帽弁後方に反時計回り、前方に時計回りの渦が発生し、流入部から心尖部に向かう血流が発生した。一方、C群においては収縮期に時計回りの渦は存在するものの、その渦は小さく、収縮末期に消失し、異常な渦流構造の出現も一部の症例で観察された。さらに、C群の鞍点の位置はN群と比較して有意に心基部側であった($p < 0.01$)。拡張期では心尖部に達する良好な血液流入が認められなかった症例が13/20例あり、さらに拡張期早期の異常な渦の発生数はC群で有意に高かった($p < 0.01$)。

■演題：6

ヘパリン投与中の血液の誘電特性解析

上野 総一郎*1, 川嶋 大介*1, 松浦 功 泰*2, 小原 弘道*3, 田中 綾*2, 武居 昌宏*1

*1 千葉大学 Chiba University

*2 東京農工大学 Tokyo University of Agriculture and Technology

*3 東京都立大学 Tokyo Metropolitan University

1. 緒言

血液の抗凝固剤、ヘパリンは体外循環を含めた様々な現場で使用されており、適度な血液中の濃度を維持することが重要である。現状ヘパリン投与量は、活性化全血凝固時間（ACT）で制御されているが、リアルタイムではないため、投与量の過多や不足問題がある。そこで、血液中のヘパリン濃度をリアルタイムでモニタリング可能とする計測手法の確立を目指す。既往研究では、血球の挙動を示す誘電緩和スペクトルを用いて血球の挙動をリアルタイムでモニタリング可能としたが、ヘパリンが投与された血液の誘電緩和スペクトルについては十分に明らかになっていない。本研究では、ヘパリン濃度を流動中に変化させる条件下でヘパリン濃度と誘電緩和スペクトルの関係を明らかにすることを目的とする。

2. 解析法

解析法として、Bayesian optimization relaxation times distribution (BO-RTD)を提案する。BO-RTDは、誘電緩和スペクトルを抽出するRTDとRTDの精度を高めるBOを組み合わせである。BOは、目的関数 δ^i が閾値を下回るまで i 回繰り返す。

3. 結果

結果として、BO-RTDより得られた最適な誘電緩和スペクトルは、3つの誘電緩和を示した。3つの誘電緩和の起因となる現象は、電極分極や血球の界面分極、高分子の回転運動による配向分極が挙げられる。3つの誘電緩和の内、高周波数側の2つは、ヘパリン濃度増加に伴い、それぞれ変化し、ヘパリン濃度範囲によって変化が異なった。また、反復直流導電率 σ_{dc}^i は、ヘパリン濃度増加に伴い、増加した。

4. 考察

ヘパリン濃度増加に伴い、誘電緩和が変化した原因として、ヘパリンが血球成分に影響を与えたことが考えられる。また、ヘパリン濃度範囲によって誘電緩和の変化が異なった原因として、ヘパリン濃度によってヘパリンが血液に及ぼす影響が異なることが考えられる。反復直流導電率 σ_{dc}^i が増加した原因として、ヘパリンによってイオンが増加したことが考えられる。

■演題：7

病的高シェアストレスが生じる肺動脈病変の発症・進行メカニズムの解明と その治療応用

篠原務^{1,2)}、Jan-Renier Moonen²⁾、Marlene Rabinovitch²⁾

1) 名古屋市立大学大学院 医学研究科 新生児小児医学

2) スタンフォード大学 医学部 小児科学

【背景】シミュレーション医学の進歩により、心室中隔欠損に伴う肺高血圧症、特発性肺動脈性肺高血圧症、肺動脈狭窄症における重度な肺動脈狭窄病変部位では100 dyn/cm²を超える病的高シェアストレスが生じていることが示された。

【目的】病的高シェアストレスの生物学的意味を見出すことを目的とした。

【方法】ヒト肺動脈内皮細胞にフローポンプシステムを用いて正常シェアストレス（15 dyn/cm²）または病的高シェアストレス（100 dyn/cm²）を与えた。肺高血圧マウスは、下行大動脈と下大静脈の隣接部を25ゲージ針で穿刺して左-右短絡を作成した。

【結果】細胞培養実験において病的高シェアストレスは、肺動脈内皮細胞に対して内皮間葉転換を起こした。その機序として、内皮間葉転換を抑える転写因子ERGの発現を低下させていた。その証拠に、正常シェアストレス下においてERGの機能低下実験を行うと、内皮間葉転換が再現できた。さらに病的高シェアストレスにおいてERGの機能亢進実験を行うと、内皮間葉転換が抑制された。動物実験において左-右短絡マウスは、術後8週で右室収縮期圧が 37.2 ± 1.0 mmHgとなり肺高血圧を示した。左-右短絡マウスの肺血管内皮特異的にERGを亢進させると、右室収縮期圧は 29.2 ± 0.8 mmHgとなり有意に改善した。ただしSham手術の 21.9 ± 0.6 mmHgより有意に高値であり正常化はしなかった。肺細動脈のリモデリングの指標となる肺細動脈の筋性化や右室重量も同様の結果だった。左-右短絡マウスの肺組織ではERGタンパク発現が有意に低下し内皮間葉転換を示しており、それらは肺血管内皮に特異的なERG亢進処置で改善した。

【結論】病的高シェアストレスは転写因子ERGの発現を低下させ、内皮間葉転換を起こし、肺細動脈のリモデリングを起こす。ERGの発現をレスキューさせる治療薬は、肺動脈性肺高血圧の新たな治療薬の候補となる可能性がある。

■演題：8

Vector Flow Mappingを用いたFontan術後患者の心室内Energy Lossについての検討

澁谷 悠馬

長野県立こども病院

【背景】 Fontan術後と正常心との間での心室内のELのcardiac cycleの中での違いについて,左室体心室(SLV)と右室体心室を区別した上で比較検討を行なった.

【方法】 対象は2017年8月から2024年1月までに経胸壁心エコー図検査にてVFMデータを取得した左心低形成症候群(HLHS)患者12人(14-18歳),Ebstein奇形など含むSLV患者6人(11-17歳)及び正常心患者(control)15人(10-19歳).機器はLISENDO 880 LE(富士フィルムヘルスケア株式会社)を使用した.VFM解析ソフトにはASTRELLA CV-Linqを用いた.評価項目は拡張期及び収縮期におけるELの最大値及びArea under curveの値の比(EL-P D/S, EL-AUC D/S),拡張期のELの変化パターンとした.

【結果】 EL-P D/S(HLHS vs SLV vs control:2.0[1.6-2.2] vs 1.8 [0.9-2.9] vs 5.1 [4.0-6.4], $p<0.01$), EL-AUC D/S(HLHS vs SLV vs control: 1.9[1.5-2.4] vs 2.1 [1.0-2.4] vs 4.7 [3.4-5.9], $p<0.01$)とcontrolではフォンタン循環と比べて拡張期と収縮期のELの値の比が大きいことが示唆された.また拡張期のELのパターンの変化はcontrolでは全例で単峰性だったのに対し, HLHSでは10/12例(83%),SLVでは4/6(67%)で多峰性だった.

【結論】 controlでは拡張期に急峻な単峰性のELの変化のパターンを取るのに対し,Fontan術後患者では拡張期と収縮期のELの差が小さく、拡張期のELの変化が多峰性になる異なる変化のパターンを示す傾向が見られた.

■演題：9

Vector Flow Mappingを用いた右室流出路形成術後における 左心室内Energy Lossについての検討

浅野 聡1)、瀧間 浄宏1)、成田 昌央1)、結城 智康1)、志水 利之1)、澁谷 悠馬1)、米原 恒介1)、赤澤 陽平1)、武井 黄太1)

1) 長野県立こども病院 循環器小児科

【目的】 Vector Flow Mapping(VFM)を用いた心室内のEnergy Loss(EL)は虚血心や心筋症などにおいて検討されているが、先天性心疾患での心室内のELについて検討した報告は未だ少ない。右室流出路形成術後の左心室内のELの違いについて、cardiac cycleにおけるELの変化のパターンに注目して比較検討を行なった。

【方法】 対象は右室流出路形成術後(R群)17例と、正常心(control: C群)15例。機器はLISENDO 880 LE(富士フィルムヘルスケア株式会社)を使用した。VFM解析ソフトにはASTRELLA CV-Linqを用いた。評価項目は拡張期及び収縮期におけるELの最大値(EL-PD, EL-PS)及びArea under curve(EL-AUCD, EL-AUCS),それぞれの値の拡張期と収縮期における比(EL-P D/S, EL-AUC D/S)をELの心周期変化パターンとした。

【結果】 R群のLVEFは 54.4 ± 7.51 %, RVEDVI 107.5 ± 43.6 L/m²だった。R群とC群でEL-PD 17.2[14.07, 25.47] vs 19.05[12.10, 26.13] J/s・m³, p=1, EL-PS 2.80[2.03, 5.36] vs 3.54[2.35, 5.44] J/s・m³, p=0.455と有意差無かった。同様に、EL-AUCD 2668.0[2206.5, 3602.4] vs 2966.6[2386.4, 4027.1] J/m³, p=0.628, EL-AUCS 622.9[426.2, 820.1] vs 767.3[540.8, 885.2] J/m³, p=0.576と差は無かった。ELの心周期変化パターンは、R群とC群でEL-P D/S 6.8[4.27, 9.86] vs 5.0[3.63, 6.40], p=0.261, EL-AUC D/S 5.5[3.5, 6.6] vs 4.6[3.4, 5.3], p=0.282であり、R群はC群と比べ、拡張期と収縮期のELの変化が大きい傾向にあった。

【結論】 LVEF低下やRVEDVI上昇していない右室流出路形成術後の若年者は、正常心と同様のELパターンを認めた。

■演題：10

大動脈弓部と弁によるバルサルバ洞内の渦形成の考察

三浦紘花 1) 寺原拓哉 1) 小林祐顕 1) 滝沢研二 1) Tayfun E. Tezduyar 2) 1)

1) 早稲田大学 滝沢研究室

2) Rice University

本研究は、バルサルバ洞内で作られる流れを数値流体解析により詳細に把握することを目指すものである。大動脈内の流れは強い脈動性を持ち、左心室収縮時に速い流れとなり、その末期には圧力の急激な変化による流れの乱れ、逆流、弁が閉じることによる速い流れが生じ複雑なものとなる。特に弁尖の曲げ剛性や血管壁の収縮に応じて大動脈の形状による影響を受けた流れが逆流すると考えられる。本研究ではその流れを詳細に把握するため数値流体解析を用い、大動脈形状と弁尖の運動がバルサルバ洞内の流れに及ぼす影響を評価することを目的とする。

本研究では大動脈弁には生体弁形状を用い、元々直管であった血管壁形状を人間の持つ大動脈の中心線に沿うように変形した。入口と出口境界には1心拍を通した圧力差に応じたトラクションを与える。結果からは図1にみられるような渦構造、速度場、弁尖表面の壁面せん断応力、振動せん断指数を可視化し議論する。

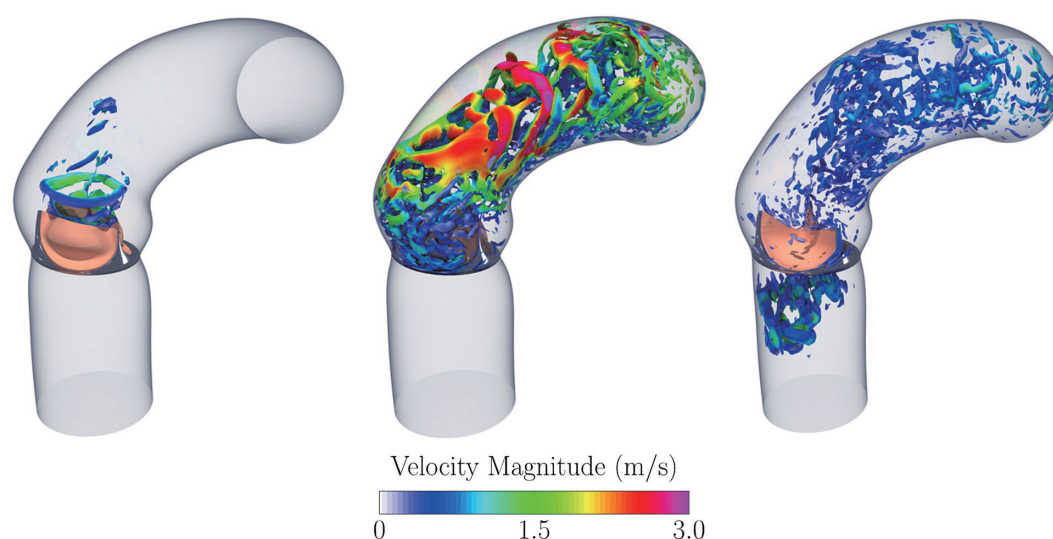


図1 渦中心を速度で色付けしたもの。 $t/T = 0.349, 0.581, 0.721$. 周期 $T = 0.86$ s.

■演題：11

腹部大動脈瘤形成における血流動態に対する考察

齋藤耀玖¹⁾ 福田航¹⁾ 寺原拓哉¹⁾ 滝沢研二¹⁾ Tayfun E. Tezduyar²⁾ 竹原康雄³⁾

1) 早稲田大学 滝沢研究室

2) ライス大学, 早稲田大学

3) 名古屋大学

本研究は腹部大動脈について流体解析を行い、血流動態を考察するものである。先行研究*1により、大動脈瘤の形成および成長には動脈硬化が関与しており、動脈硬化は壁面せん断応力(WSS: Wall Shear Stress)が小さい領域で発症することが指摘されている。WSSは大動脈の形状や血流に依存するため、医用画像検査による形状や血流の測定が必要になる。しかし、医用画像検査では生体内のWSSを詳細に測定することは困難である。そこで本研究では流体解析によってWSSを推定する。流体解析で得られるWSS分布を基に大動脈壁を拡大させることで瘤の形成を再現し、それに伴う形状と血流動態の変化を考察する。

本研究では空間方向だけでなく時間方向にも有限要素法を適用するSpace-Time(ST)法を用いる。また、基底関数としてComputer-Aided Design(CAD)で用いられるNon-Uniform Rational B-Spline(NURBS)を用いるアイソジオメトリック解析を行う。NURBSは高次の滑らかな関数であり、低次の関数と比較して少ない制御点数で腹部大動脈の曲線形状を表現することが可能である。さらに、高次の基底関数により大動脈内壁近傍の速度勾配を詳細に捉え、WSSをより高精度に推定することが可能となる。



*1, Radiology Key, Ultrasound Assessment of the Abdominal Aorta, <https://radiologykey.com/ultrasound-assessment-of-the-abdominal-aorta-2/>.

