

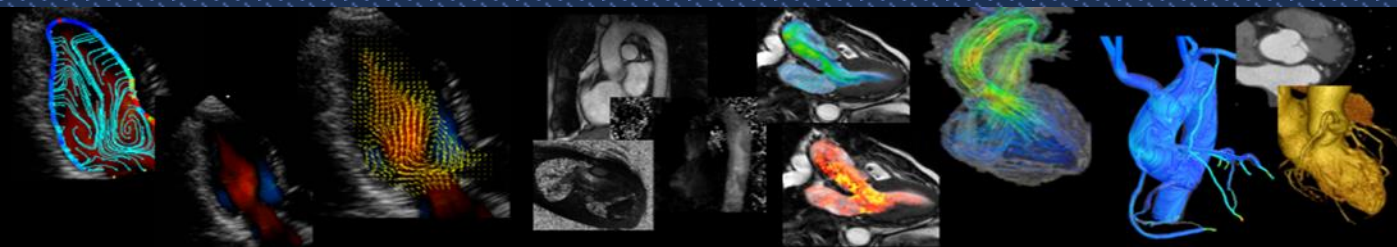
第3回 血 流 会

プログラム・抄録集

—2014—

代表世話人 高橋 健
(順天堂大学小児科学教室)

開催:平成26年11月1日(土)
於:東京大学本郷キャンパス
東大病院入院棟 15階大会議室



当番世話人挨拶

血流会も早くも第三回開催となります。新しい研究会にとって、三回目ともなりますと、過去二回の経験から改善、改良を行い、今後の会の方向性を決める極めて重要な地点にあるかと思えます。血流会は、参加者が医療系から工学系まで幅広い分野の研究者が参加し、心臓血管系の血流を研究対象とする、極めてユニークな会として発足しました。しかしながら、多岐に渡る専門分野から参加者があるため、全員が全ての発表について十分な理解や討議が行えない側面もありました。そこでこの問題点を解決するために、20分の発表時間を2部に分け、前半10分で研究の背景及び基礎の部分の解説を行って頂き、一旦発表を打ち切り、ここで質疑応答の時間を設けます。そして後半10分で通常の形式で研究内容の学術的発表を行って頂き、それについても質疑応答を行う形式としました。これにより、参加者全員が、全ての発表に対して、それぞれの専門分野から十分に討議に参加できる様、配慮をいたしました。また討議を十分に行える様に、質疑応答を15分と長めに設定しております。

今回は、前半部分にWave intensityや数値流体解析を用いた血流解析について、後半部分は左室内の拡張期の血流パターンや圧較差評価に関する演題となっております。

今回の会の特徴である、基礎レクチャーと研究発表の組み合わせにより、全参加者の活発で多角的な議論にな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御指導のもと、実現することが可能となりました。厚く御礼申し上げます。

それでは、本研究会の存在意義を明確で確固不拔と成れますよう、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。

第三回 血流会 当番世話人
順天堂大学小児科
高橋 健

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1日(土) 12:30-18:00
参加費用: 研究会参加費 500円
懇親会参加費 5000円
- 2) 世話人会および懇親会
世話人会 11月1日(土) 12:30-13:10
東大病院入院棟A 15階小会議室
懇親会 11月1日(土) 18:30-20:30
東大病院入院棟A 15階ブルークレール

□ 講演発表の先生方へ

- 1) 講演発表について
 - ・ 講演は1演題発表20分、質疑応答15分です。
 - ・ 講演は前半部分と後半部分に分け、前半部分で研究の背景、基礎知識についての解説を、後半部分で研究内容の御発表をお願いします。それぞれ質疑応答を設けます。
 - ・ 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します。
 - ・ 発表の10分前には会場にご着席ください。
 - ・ 御発表の際には、オペレータ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致します。
- 2) 発表データの持ち込みについて
 - ・ 発表は御自身のPCの持ち込み、またはUSBフラッシュメモリ、外付けハードディスク、CD-Rによる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。

プログラム

演題発表20分(基礎レクチャー10分,演題発表10分)・質疑応答15分

13:15-13:20 開会の辞

順天堂大学小児科 高橋 健先生

13:20-15:05 *Part I*

座長 埼玉大学大学院理工学研究科 中村匡徳先生

1. Wave intensityの意味、臨床応用」

名古屋市立大学心臓・腎高血圧内科 大手信之先生

2. Wave intensityを用いたFontan循環の静脈還流メカニズムの解明

北里大学医学部小児科 本田崇先生

3. 数値流体解析を用いた,呼吸心拍の変動を加味したFontan循環の血流シミュレーション

埼玉大学大学院理工学研究科 後藤真治先生

休憩 15:05-15:30

15:30-18:05 *Part II*

座長 東京大学小児科 林泰佑先生

4.心不全患者における拡張早期左室内圧較差の空間的分布の変化

北海道大学大学院医学研究科循環病態 岩野弘幸先生

5.加齢に伴い左室内の血液輸送効率は低下する

心臓血管研究所附属病院 後藤理人先生

休憩 16:40-16:55

6. Evaluation of Left Ventricular Hemodynamics in Normal and Experimental-Induced Dilated Cardiomyopathy Model Dogs using Vector Flow Mapping

東京農工大学農学部共同獣医学科獣医外科研究室 合屋征二郎先生

7.運動負荷時の拡張早期の左室内圧較差の発生機序の解析

順天堂大学小児科 松井こと子先生

18:05-18:15 閉会の辞

日本大学循環器内科 竹中克先生

抄録集

Part I 演題 1 - 3

座長

埼玉大学大学院理工学研究科

中村匡徳先生

Part II 演題 4 - 7

座長

東京大学小児科

林泰佑先生

Wave intensityの意味、臨床応用

大手信之

名古屋市立大学心臓・腎高血圧内科

動脈系の任意の場所における血圧波形・血流速度波形は、心臓から末梢へ向かう前進波と末梢で反射して心臓へ向かう反射波の合成波として得られる。前進波と反射波のどちらの効果が優勢であるかを簡便に判定しうる指標として、WI (Wave Intensity) = $(dP/dt)(dU/dt)$ が定義される(P: 圧、U: 流速)。ここでWI>0ならば、動脈系の任意の場所での圧波形、流速波形の形成に与える脈波の影響は、心室から末梢へ伝播される前進波が優勢であり、もしWI<0であれば末梢から心室へ向かう反射波の影響が大きいことを意味する。右総頸動脈でWIを記録すると収縮早期と収縮後期に2峰性のピークが観察される。我々は収縮早期波高(W1)と左室収縮能、収縮後期波高(W2)と左室弛緩能の関係を検討してきたので、この臨床的視点を含めてWIを概説する。

Wave intensityを用いたFontan循環の静脈還流メカニズムの解明

本田崇¹⁾ 板谷慶一^{2),3)} 宮崎翔平³⁾ 高梨学¹⁾ 峰尾恵梨¹⁾ 北川篤史¹⁾ 安藤寿¹⁾
木村純人¹⁾ 岡徳彦²⁾ 宮地鑑^{2),3)} 石井正浩¹⁾

1)北里大学医学部小児科

2)北里大学医学部心臓血管外科

3)北里大学医学部血流解析学

【背景】Fontan循環における効率の良い静脈還流は、肝硬変、肝がん、蛋白漏出性胃腸症などといった合併症を予防・治療するという観点から、重要であると考えられている。呼吸および心拍がFontan循環へ影響を与えることは示されてきたが、その詳細は明らかでない。本研究では、カテーテル検査で得られた肺血流の圧・流速同時計測データからWave intensity(WI)を算出し、Fontan循環の肺血流に呼吸・心拍が果たす役割、および横隔神経麻痺などの合併症が及ぼす影響を明らかにする。

【方法】対象はFontan術後1年の12症例で、平均年齢は 2.4 ± 0.7 歳である。横隔神経麻痺合併例が2例、慢性呼吸不全のための陽圧人工呼吸器管理下症例が1例、体肺動脈シャントを有する例が2例であった。両側肺動脈で圧・流速を同時計測し、Fourier解析で心拍変動成分と呼吸変動成分に分離した。各々の成分より呼吸WIと心拍WIを算出して呼吸・心拍に関する駆動力を解析した。さらに呼吸により変動した血流量を算出して、呼吸がFontan循環の静脈系に与える影響を明らかにした。

【結果】合併症のない症例において、呼吸WIは吸気時に2峰性のピークを認め、1峰目がbackward expansion waveであり、吸気により肺動脈が引き込まれていることが証明された。また左右肺動脈で、各々 $42.3 \pm 25.8\%$ 、 $41.7 \pm 25.2\%$ の吸気に伴う血流増加を確認した。横隔神経麻痺症例では患側のWIでピークは認めず有効な駆動は認められなかった。人工呼吸器症例でも2峰性のピークを認めたが、1峰目がbackward compression waveであり、吸気時に血流が堰き止められていることが示唆された。一方で心拍WIに関しては、体肺動脈シャントを有する2例では2峰性の正のピークを認め、1峰目がforward compression waveであり、主心室が駆動力になっていた。それ以外の症例では、2峰性もしくは4峰性の負のピークを認め、肺動脈楔入圧波形のv波とc波に対応してbackward compression waveを1峰目のピークとする2峰性のピークが形成されていた。以上から、心房圧の上昇が肺血流を堰き止めていると考えられた。

【結語】Fontan患者の肺血流駆動において呼吸は約40%を担っており、良好な静脈還流の確立のために呼吸が重要な役割を果たすことが示された。主心室の心機能は肺循環にも影響を与えることが示唆された。また横隔神経麻痺の合併や人工呼吸器は、Fontan循環の静脈還流にとって不利に働くと考えられた。

演題 3

数値流体解析を用いた，呼吸心拍の変動を加味したFontan循環の血流シミュレーション

後藤真治¹⁾，中村匡徳¹⁾，板谷慶一^{2),3)}，宮崎翔平²⁾，岡徳彦³⁾，本田崇⁴⁾，北村律³⁾，
宝来哲也³⁾，石井正浩⁴⁾，宮地鑑^{2),3)}

- 1) 埼玉大学大学院理工学研究科
- 2) 北里大学医学部血流解析学講座
- 3) 北里大学医学部心臓血管外科
- 4) 北里大学医学部小児科

我々は心臓血管系の血流をコンピュータ流体解析技術を用いシミュレーションする研究を行ってきた。今回はコンピュータ流体解析(CFD: computational fluid dynamics)を用いて血管系のモデリングをする際の基本的な手法とその問題点についてご説明し，我々が行ってきた単心室症Fontan手術での血流シミュレーションについて発表する。Fontan手術後の循環は呼吸と心拍両方に影響を受け，その流れには変動が生じる。これをモデルに組み込む事際，カテーテルでは多点で同時計測ができず，特に呼吸変動周期が揃わず，そのままでは組み込めない。そのため，我々は周波数解析を用いて呼吸・心拍性変動を分離し，時相同期する方法を確立し，呼吸・心拍の変動を組み込んだ流体解析を行った。本講では工学的な手法の現状と限界を述べ，以下に循環生理学に迫るかという課題をFontan循環のシミュレーションを通じ議論したい。

演題 4

心不全患者における拡張早期左室内圧較差の空間的分布の変化

岩野弘幸^{1),2)} 大原貴裕³⁾ 山田聡¹⁾

1) 北海道大学大学院医学研究科循環病態内科学

2) ミシシッピ大学メディカルセンター

3) 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房・左室間の圧較差 (IVPD) が生じ、IVPDによって左室の急速充満が起こる。心不全患者では、左房圧上昇の影響で心基部付近のIVPDが保たれている一方で、左室suctionの低下によって心尖部付近のIVPDが低下していることが予想される。さらに、心不全患者では、心基部のIVPDが左室の急速充満を規定している可能性がある。

【方法】

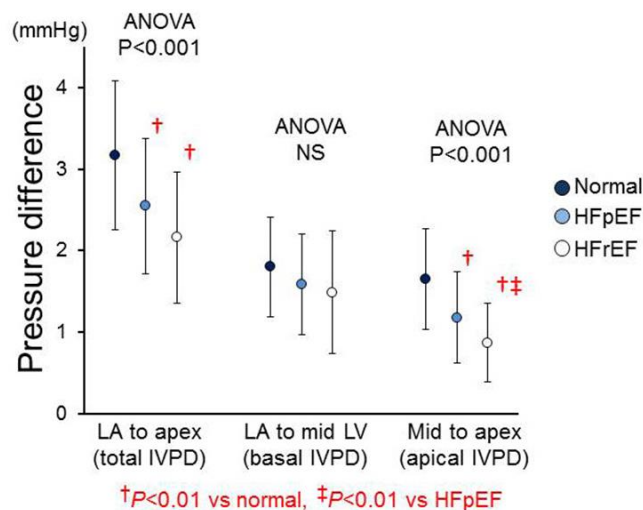
心不全患者151例 (HFpEF 50例、HFrEF 101例) と健常対照28例で心エコー法を行い、左室流入血流のカラーMモード像で得られた時間 (t)、距離 (s)、血流速度 (v) のデータから、オイラーの運動方程式 $\partial P/\partial s = -\rho(\partial v/\partial t + v\partial v/\partial s)$ を積分することによりIVPDを推定した。左房-左室心尖部間 (total)、左房-左室中部間 (basal)、左室中部-心尖部間 (apical) でそれぞれ拡張早期のピークIVPDを計測した。

【結果】

左室流入血流の拡張早期最大速度 (E) は、HFpEF (91±28 cm/s)、HFrEF (92±27 cm/s)、健常群 (83±16 cm/s) の間に差はなく (ANOVA NS)、同様にbasal IVPDも群間に差はみられなかった。これに対してapical IVPDは、HFpEFとHFrEFの両群で低値であり、その結果としてtotal IVPDも低値であった (図)。健常群では、basal IVPD、apical IVPDともにEと相関したが (basal IVPD: R=0.56、apical IVPD: R=0.40)、心不全患者ではbasal IVPDのみがEと相関した (basal IVPD: R=0.60、apical IVPD: NS)。

【結論】

心不全患者ではapical IVPDは低下しているにもかかわらずbasal IVPDは保たれ、basal IVPDによって左室急速充満が規定される。



演題 5

加齢に伴い左室内の血液輸送効率は低下する

後藤理人 上嶋徳久

心臓血管研究所附属病院

【目的】

加齢により左室内の血流がどのように変化していくかは未だに不明瞭なままです。

【方法】

対象は26歳から65歳までの41人の健常人の症例です。

左室内血流をVFM(日立・アロカ)およびMatlab(MathWorks)を用いて、仮想インク・トレーサーで視覚化しました。拡張期に左室内に流入したインクが次の収縮期に直接駆出される量の比率をDirect flow ratio (DFR)としました。これらの指標に加え、スペックルトラッキング法を用いて左室ストレインも測定し、加齢との関連を評価しました。

【結果】

高齢になるほど拡張充満速度が遅く、また収縮期に多くの血液が左室内に残ってしまうことが分かりました。加齢とDFRに相関性を認めましたが、左室ストレインとの相関は認めませんでした。

【結語】

加齢により左室内の血液輸送が低下することが分かりました。

Evaluation of Left Ventricular Hemodynamics in Normal and Experimental-Induced Dilated Cardiomyopathy Model Dogs using Vector Flow Mapping

合屋征二郎 和田智樹 加地英樹 松浦尚哉 堀井修敏 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、心腔内血流を可視化し、速度ベクトルで表示する解析機能である。我々はVFMを用いることで、正常犬において拡張期に流入した血液は心基部から中部にかけて大きく旋回して中隔側への渦として見られるが、僧帽弁閉鎖不全症によるうっ血性心不全の左室内では中隔側だけでなく自由壁側にも渦が見られることを報告した[Shimizu et al. 2013]。

ドブタミンは獣医療で汎用される強心薬であるが、その薬用量設定と効果判定は経験的な要素が大きいという問題がある。今回、我々は正常犬と拡張型心筋症(DCM)モデル犬におけるドブタミン用量依存性左室内渦流動態の変化を、VFMを用いて評価した。

【方法】正常ビーグル犬雌5頭に麻酔下でドブタミンを0,2,4,8,12 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ と投与し、各用量で五腔断面を表示し、渦度、循環、エネルギー損失を測定した。また同時にPVコンダクタンスカテーテルを用いて左室拡張末期容量(EDV)と一回拍出量(SV)を測定した。その後高度右室ペーシングによってDCMモデル犬を作成し、同様に測定を行った。

運動負荷時の拡張早期の左室内圧較差の発生機序の解析 —流体力学を用いた新たな左室拡張能の解析方法の検討—

松井こと子¹⁾ 高橋健¹⁾ 小林真紀¹⁾ 田中登¹⁾ 秋元かつみ¹⁾
稀代雅彦¹⁾ 板谷慶一²⁾ 宮地鑑²⁾ 清水俊明¹⁾

1) 順天堂大学 小児科学教室

2) 北里大学 血流解析学講座

【背景】 拡張早期の左室内圧較差(IVPG)により左室への血液の急速流入が形成されるため、IVPGは左室拡張能の重要な要素である。更に運動負荷時にIVPGは増加し、運動耐容能も規定する。この様に心機能において重要な役割を担っているIVPGであるが、その発生機序の詳細は未だ不明である。

【目的】 運動時のIVPDの発生機序を解明すること。

【方法】 対象は22歳から37歳の健常者23例。4段階の運動負荷中に心尖部四腔断面像のカラーMモード画像からIVPDを測定し、左室変形との相関について評価した。