

# 抄録集 セッション3 プラーク・血栓

## 冠動脈血流の生理学的知見に基づいた拍動を再現する 流出境界条件

古澤豊樹<sup>1</sup> 宮崎翔平<sup>2</sup> 西野輝泰<sup>2</sup> 山本匡<sup>3</sup> 板谷慶一<sup>2,4</sup>

1 NECソリューションイノベータ株式会社

2 株式会社Cardio Flow Design

3 北海道循環器病院 心血管研究センター

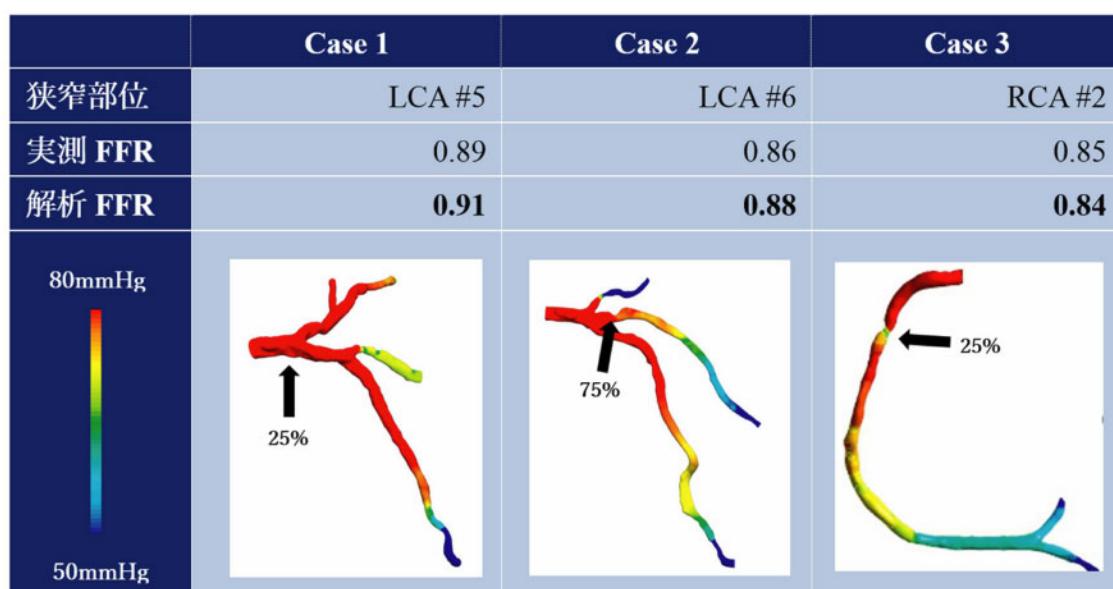
4 京都府立医科大学 心臓血管外科

今日の冠動脈虚血に関する研究では、元来、航空工学や機械工学分野において広く利用され、「流れをシミュレートする技術」の一つである数値流体解析技術が注目されている。この数値流体解析では、スーパーコンピュータ等の計算機を駆使して高解像度の解析を短時間で処理できるが、一方で、境界条件と呼ばれる解析条件を適切に設定しなければ、血行動態を生理学的に正しく再現できないことが知られている。また、高精度な境界条件取得のために圧波形や血流速を非侵襲的に測定することも、一般的な条件下では困難である。

そこで我々は、生理学的に妥当な拍動流モデルを構成する境界条件を、臨床現場との十分な議論のもとで検討した。その結果、「冠動脈各枝が灌流していると推測される血流量」を反映したImpedance境界条件を導出した。ここで血流量の推定の過程では、①心筋の造影されたCT画像と、②冠動脈CT画像、それぞれから再構成された三次元形状をもとに、Region Growingを用いて、心筋を各枝の支配領域ごとに区分けすることで推定される。

上記の境界条件を用いた解析結果のFFRと、実測FFRとの比較では、精確な評価が難しいとされる低～中程度狭窄(FFR値0.8付近)において3症例で良好な一致が認められた。

本発表では、FFR以外の血行力学パラメータであるWSSやOSIも含めた総合的な血流評価によるプラーク進展の予測について説明する。



# 抄録集 セッション3 プラーク・血栓

---

## 循環流路内の血栓形成過程におけるキャパシタンス測定

小石まどか

千葉大学工学部機械工学科

【背景】血栓症のリスク増大が体外循環デバイスで問題となっているが、オンライン血栓モニタリングの手法は確率されていない。

【方法】ヘパリン処理された循環流路内にクエン酸ナトリウムにより抗凝固されたブタ血液を循環させながら、凝固薬として2%塩化カルシウム液を投与し血栓形成を促進した。流路内にセンサを設置し、血栓形成の過程を計測した。センサには、非浸襲型の8電極ECT(Electrical capacitance tomography)センサと、浸襲型の2電極センサの二種を採用し、同時に計測を行った。キャパシタンス計測と並行しACT(Activated Clotting Time)とHct(Hematocrit)を計測した。

【結果】両センサで計測されたキャパシタンスは初め増加し、ピークを迎えた後、減少した。初めのキャパシタンスが増加する傾向は2電極センサよりもECTセンサでより早く見られた。本研究で血栓形成過程初期におけるECTセンサを用いたオンライン血栓検出の可能性が示された。

# 抄録集 セッション4 心室内圧較差と拡張機能

## 心不全患者における拡張早期の左室内圧較差と運動耐容能との関連： 運動負荷心エコー法による検討

岩野弘幸 辻永真吾 林大知 山田聰

北海道大学大学院 循環病態内科学

### 【背景】

運動耐容能の低下は心不全の主症状であり、運動時の心拍出量増大は運動耐容能の保持に寄与する。運動時の心拍応答により左室充満時間は短縮するが、拡張早期左室内圧較差 (IVPD) が増大して左室充満と1回拍出量が保持される。したがって、運動時のIVPDは心拍応答から独立して心不全患者の運動耐容能と関連すると予想される。

### 【方法】

17例の慢性心不全患者 (59±17歳、左室駆出率38±13%、拡張型心筋症6例、肥大型心筋症4例、虚血性心疾患2例、その他5例) を対象に心肺運動負荷試験と運動負荷心エコー検査を行った。左室流出血流速のパルスドプラ像を用いて1回拍出量を推定し、心拍出量を求めた。左室流入血流のカラーMモード像からオイラーの運動方程式を用いてIVPDを推定した。

### 【結果】

17例のうち10例が軽症 (NYHA分類I/II)、7例が重症 (NYHA分類III) であった。安静時の左室駆出率は軽症群で重症群よりも高値であったが (45±16% vs 28±7%, P<0.05)、1回拍出量に差はなかった (65±12 vs 56±18 mL, NS)。運動により心拍数は軽症群と重症群で増大したが (それぞれ 62±10→113±22 bpm, 69±13→99±36 bpm)、1回拍出量は変化しなかった (65±12→68±14 mL, 56±18→60±20 mL)。その結果、心拍出量は両群で増加したが (それぞれ 4.1±0.8→7.8±1.9 L/min, 3.8±1.6→4.9±2.0 L/min)、その増加量は軽症群で有意に大きかった (P<0.05)。軽症群では運動時にIVPDは増大したが (2.4±1.0→5.6±2.6 mmHg, P<0.05)、重症群では変化せず (1.7±1.2→2.7±1.2 mmHg, NS)、運動時IVPDは軽症群で有意に高値であった。運動時の心拍出量 ( $R=0.68$ ) と心拍数 ( $R=0.57$ ) は最大酸素摂取量 (peak VO<sub>2</sub>) と正相関したが、1回拍出量は相関しなかった。運動時のIVPDは運動による1回拍出量 ( $R=0.63$ ) と心拍出量 ( $R=0.62$ ) の変化量の両者と相関し、peak VO<sub>2</sub>とも正相関した ( $R=0.66$ )。多変量解析では運動時IVPDは心拍数から独立してpeak VO<sub>2</sub>と関連した ( $\beta=0.75$ , P<0.05)。

### 【結論】

運動によるIVPDの増大は心拍数上昇時の1回拍出量を維持して心拍出量の増大に寄与し、心拍応答から独立して心不全患者の運動耐容能と関連する。

# 抄録集 セッション4 心室内圧較差と拡張機能

## 左心室の渦は心室内圧較差の影響を受ける

松浦功泰<sup>1,2</sup> 合屋征二郎<sup>1</sup> 横田俊輝<sup>1</sup> 佐藤琴美<sup>1</sup> 田中綾<sup>1</sup> 磯 武史<sup>3</sup> 矢崎香奈<sup>3</sup> 高橋 健<sup>3</sup>

1 東京農工大学 獣医外科学研究室

2 白石動物病院

3 順天堂大学 小児科

4 東京農工大学

【はじめに】左心室の血液充満効率は左心室の能動的弛緩能、左室コンプライアンスや左房圧などによりに規定されると言われているがそれらを非侵襲的に評価する方法は確立されていない。我々は新しい手法としてVFM (Vector Flow Mapping)を用いた心室内血流の評価を報告しているがさらに近年、注目されているIVPG (心室内圧較差: Intraventricular pressure gradient)を初めて犬及び猫で評価し拡張期の左心室の血流动態評価を試みたためその概要を報告する。

【方法】本学附属動物医療センターを受診し、心エコー検査を行った症例を対象とした。従来の超音波指標としてE,A,E/A,E-DcT,IRT,e',E/e',拡張早期StrainRateを計測した。左傍胸骨5腔断面像のカラードップラー動画をVFM用に、同4腔断面像のカラーMモード画像をIVPG計測用に記録した。得られた情報は解析ソフトDAS-RS-1 (Hitachi-Aloka)を用いて左室腔内の渦流を解析し、IVPGはMatlab(MathWorks)を用いて解析を行った。

【結果】症例は54例、年齢0–17(平均8.4)歳、体重1.5–26.4(平均7.0)kgであり、循環器疾患を持つ症例は僧帽弁閉鎖不全症(15)、肺動脈狭窄症(5)、肥大型心筋症(4)、第2度房室ブロック(1)などであった。多変量解析により得られた拡張期の渦度の最大値(DiaVor)の予測変数は年齢( $R=-0.37$ )及びIVPG( $R=0.47$ )であった。

【考察】拡張期の渦の強さに年齢が影響を与えるという結果は、加齢に伴う拡張機能の低下によって左心室の渦の減弱が起こったためと考えられた。渦流の意義は未だ解明されていない部分が大きいが、拡張期の渦の強さがE波ではなくIVPGの影響を受けるという結果は興味深い。左室が良好な拡張機能を有する場合、IVPGによって左心室へ血液が流入し、それに伴い左室内にIVPGの強さに応じた強さの渦が形成されたと考えられる。VFM解析から得られる拡張期の渦が従来の指標ではなくIVPGと関係していることから、拡張期の心機能を表す新しい指標となる可能性が示唆された。さらに発表当日は心室内の部位別のIVPGと渦の関係も混じえて議論していきたい。

# 抄録集 セッション4 心室内圧較差と拡張機能

## 拡張早期左室内圧較差計測による幼児期から成人までの拡張機能の経年変化

矢崎香奈<sup>1</sup> 高橋 健<sup>1</sup> 山田真梨子<sup>1</sup> 小林真紀<sup>1</sup> 重光幸栄<sup>1,2</sup> 松井こと子<sup>1</sup> 窪田由季<sup>3</sup> 山本 匠<sup>4</sup>  
板谷慶一<sup>5</sup> 清水俊明<sup>1</sup>

1 順天堂大学小児科

2 川崎協同病院小児科

3 北海道循環器病院臨床検査科

4 北海道循環器病院循環器内科

【背景】拡張早期左室内圧較差 (IVPD) は拡張早期の左室への血液のsucking能力を示し、拡張機能の新しい重要な指標であるが、健常小児から成人の経年変化のデータは存在しない。

【目的】IVPDの解析により、拡張能の年齢に伴う変化を解明する。

【方法】対象は3歳から65歳の健常者159例で、第1群3歳から6歳(24人)、第2群7歳から11歳(30人)、第3群12歳から19歳(27人)、第4群20歳から29歳(25人)、第5群30歳から39歳(25人)、第6群40歳から65歳(28人)の6群に分類した。心尖部四腔断面像のカラーMモード画像からオイラーの方程式を用い、全(T-)、心基部(B-)、中間部から心尖部(MA-)のIVPDを測定した。各IVPDと年齢、左室長、e'、拡張早期LSRとの相関は、未成年(第1群から第3群)と成年(第4群から第6群)に分けて解析した。

【結果】T-IVPDはMA-IVPDとともに、第3群まで増大し(第3群:T-IVPD 3.0±0.8mmHg、MA-IVPD 1.6±0.4mm)、第4群以降低下傾向を示し、第6群で最も低値を認めた(第6群:T-IVPD 2.1±0.6mmHg、MA-IVPD 1.0±0.5mmHg)(p<0.001)。B-IVPDは各群間で有意差を認めなかつた。T-IVPDとMA-IVPDは、未成年では年齢、左室長、e'及び拡張早期LSRの増加と有意に相関して増加し、成年では年齢、e'及び拡張早期LSRの低下と有意に相関して低下した。

【結論】左室の拡張早期sucking能力は、能動的弛緩能の首座である中間部から心尖部を中心に、未成年では心臓のサイズの増加と弛緩能の発達に伴い増加し、成年は加齢に伴う弛緩能の低下に伴い減少する。