

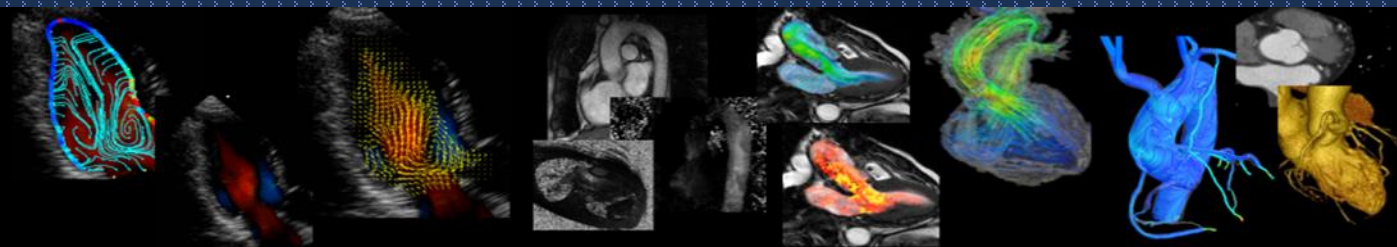
第4回 血 流 会

プログラム・抄録集

—2015—

代表世話人 瀬尾 由広
(筑波大学 循環器内科)

開催：平成27年6月6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: 6月6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2日(土) 12:30 - 13:00
中央診療棟2 7階大会議室
懇親会 東大病院の近所で予定

□ 講演発表の先生方へ

- 1) 発表について
 - ・講演は一演題発表15分、質疑応答15分です。
 - ・講演ははじめに少し長に背景説明をして頂き、一旦途中で質問を受け、その後でご自分の研究内容についてご説明頂き、その後質疑応答を再び行います。
 - ・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。
 - ・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

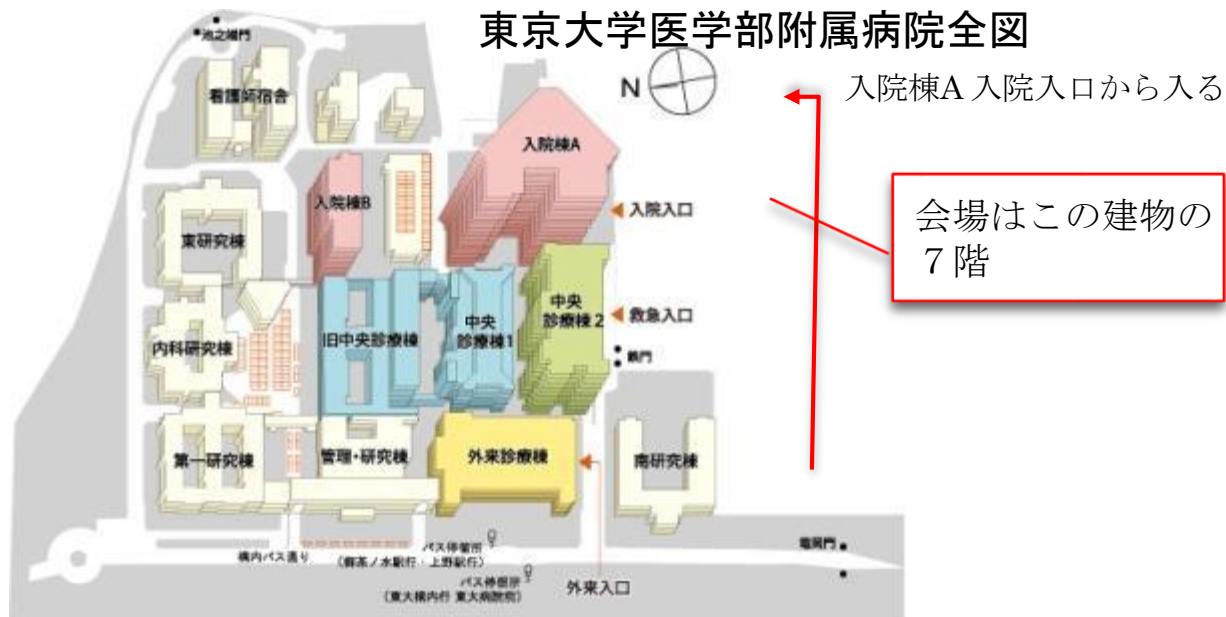
周辺地図



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

13:00-13:05 開会の辞

当番世話人 瀬尾 由広 先生

13:05-15:05 *Part I*: 発表15分 質疑応答15分

座長 順天堂大学 小児科 高橋 健 先生

演題 1. 腹部大動脈瘤 (AAA) の3D画像及びBlood Flow Pattern Imagesと
Shearing Stress ～心電同期併用の64列MDCTによる腹部大動脈
瘤の伸展度と4D(動画) 観察～

日本福祉看護・放射線学院 横山 博一 先生

演題 2. 数値流体力学的手法による大動脈弓部血流解析

京都府立医科大学 心臓血管外科 沼田 智 先生

休憩 14:05-14:15

演題 3. ファロー四徴症類縁疾患心内修復術後の肺動脈弁逆流による血流エネルギー損失の右心負荷への影響

北里大学 心臓血管外科 柴田 深雪 先生

演題 4. 虚血性心疾患の診断と治療のための数値流体シミュレーション

北里大学 血流解析学 宮崎 翔平 先生

調整演題. 血液輸送と渦

心臓血管研究所 上嶋 徳久 先生

休憩 15:15-15:35

プログラム

15:35-17:45 *Part II*: 発表15分 質疑応答15分

座長 筑波大学循環器内科 石津 智子 先生

演題5. 心房細動症例における心房内エネルギー効率解析

筑波大学 循環器内科 山本 昌良 先生

演題 6. Vector Flow Mapping (VFM)を用いた収縮機能とエネルギー効率の評価
-VFMの現状と臨床応用-

東京農工大学 獣医外科学研究室 和田 智樹 先生

休憩 16:35-16:45

演題 7. 小児期発症の白血病患者における化学療法後の心筋変形能および
左室内圧較差の変化

順天堂大学 小児科学教室 重光 幸栄 先生

演題 8. 心不全増悪の既往のある拡張型心筋症では、左室内の血液の輸送は遅れる

戸田中央総合病院 高橋 梨紗 先生

17:45-18:00 総括及び閉会の辞

代表世話人 板谷 慶一 先生

演題 1

腹部大動脈瘤 (AAA) の3D画像及びBlood Flow Pattern Imagesと Shearing Stress

～心電同期併用の64列MDCTによる腹部大動脈瘤の伸展度と4D（動画）観察～

日本福祉看護・放射線学院 横山 博一 先生

【目的】

大動脈瘤は大動脈のどこにでも発生する可能性があり、最も頻度の高い箇所は腎動脈と総腸骨動脈間の腹部動脈である。ここにできる腹部大動脈瘤(AAA)は殆どが無症状で、腹部の拍動により気がついたり診察中に偶然発見される場合が多い。一般に動脈瘤の直径が5cmを越えると、徐々に拡大が進み破裂の可能性が急速に増加する。また場合によっては破裂して大出血を起すこともある。このような背景下で心電同期併用による64列MDCT撮影が、腹部大動脈瘤の伸展度 (Distensibility)、数値流体解析(CFD)評価で将来の破裂予測が可能か？

【結果】

WS（画像処理）にて対象の腹部大動脈瘤の腎動脈直上、正常径、瘤最大径、瘤下端の計測から5cm以上の瘤についての進展度は、5cm以下の瘤より低値を得た。これは経験した瘤破裂（切迫破裂）が同様な値を示し進展度が瘤破裂の予測を示唆した。

数値流体力学的手法による大動脈弓部血流解析

沼田 智¹ 板谷 慶一² 夜久 均¹ 神田 圭一¹ 土井 潔¹ 山崎 祥子¹

1)京都府立医科大学 心臓血管外科 2)北里大学 血流解析学講座

【目的】手術成績が近年改善しているとは言え、急性A型大動脈解離の緊急手術死亡例はおよそ10%前後に達する。このような重篤な疾患の発症を未然に防ぐような介入が可能であれば、治療成績は飛躍的に改善するはずである。しかし、現在、急性大動脈解離の発症を画像診断的に正確に予想することはほぼ不可能であり、予防的に手術を行う事は出来ない状況にある。従来の評価に加え、血流解析を行うことで病態の予測診断ができれば、治療成績は飛躍的に改善するはずである。今回、大動脈弓部手術前症例の術前CT画像を用いて大動脈弓部の血流解析を行ったので報告する。

【方法】術前造影CT画像より血管形状を三次元構築し、流体解析を行った。汎用流体解析ソフトウェアANSYS® Fluentを用いて大動脈基部から下行大動脈までの血流をシミュレーションした。心拍出量を5 L/min、心拍数は60回/minと仮定し、末梢血管床からの反射波を加味し生理的な拍動血流を再現した。大動脈内血流の流線、壁すり応力(WSS: Wall shear stress)、血圧分布を評価した。(症例1) 70歳男性。大動脈弁狭窄症、および上行大動脈拡大(最大短径45mm)を認め、大動脈弁置換術、上行大動脈置換術を行った。(症例2) 80歳男性。遠位弓部大動脈瘤にて大動脈弓部置換術を施行した。(症例3) 65歳男性。遠位弓部大動脈瘤にてフォロー中、上行大動脈に急性大動脈解離を発症し、大動脈弓部置換術を施行した。

【結果】症例1) 弓部内の近位上行大動脈と近位下行大動脈小弯側に渦流が発生することが確認できた。WSSはST junction周囲、および近位下行大動脈で収縮期に局所的に増大する部位を認めた。(症例2) 大動脈瘤小弯側に渦流の発生を確認できた。(症例3) 大動脈解離の発症した部位にはWSSの上昇等の所見は認められなかった。

【結語】数値流体力学解析によって大動脈弓部内の血流を詳細に評価することが可能であった。WSSが増強した部位は大動脈解離の好発部位と重なり、大動脈解離への進展の可能性を示唆する所見であった。ただし、急性解離を発症した症例の解析では解離部位とWSSの増大は関連しなかった。解析症例数をより多く蓄積することで新たな大動脈疾患の評価法として確立し得るものとする。

演題 3

ファロー四徴症類縁疾患心内修復術後の肺動脈弁逆流による血流エネルギー損失の右心負荷への影響

柴田 深雪¹ 板谷 慶一¹ 林 泰佑² 本田 崇³ 北川 篤史³ 宮地 鑑¹ 小野 稔⁴

1) 北里大学医学部心臓血管外科

2) 成育医療研究センター病院循環器科

3) 北里大学医学部小児科

4) 東京大学医学部心臓血管外科

【目的】肺動脈弁狭窄(PS)を伴うファロー四徴症(TOF/PS)や両大血管右室起始症(DORV/PS)に対する心内修復術(ICR)後の肺動脈弁閉鎖不全(PR)に対する肺動脈弁置換術の適応は臨床症状が主軸で統一の見解が得られていないのが現状である。我々は超音波及び心臓MRIを用い血流を可視化し乱流がもたらす散逸を血流エネルギー損失(EL)として可視化定量する方法を開発した。今回主に心臓超音波血流可視化法(VFM)を用い右室流出路(RVOT)の血流解析を行い、PRによるELの臨床的意義を検討した。

【方法】2000年1月～2013年5月まで当科及び東大病院でTOF又はDORV/PSに対しICRを施行した9例(I群)、コントロール群として正常心3例(C群)を対象とした。全例VFMでRVOT血流解析し、またICR後14.6年経過した1例は同一断面でPC-MRIで血流解析した。すべての解析でELを算出しBNP、QRS幅と比較検討した。

【結果】症例は平均5.6歳、I群ではICR後平均3.9年であった。C群では収縮期・拡張期共に層流を呈していた。一方I群の収縮期ではICR時肺動脈弁非温存症例で前壁側では順行性血流、後壁側で逆流性血流を認め、この逆流性血流が流入血流と衝突、渦流を形成していた。またI群の拡張期では全例PRを認め逆流性血流が流入血流と衝突、渦流を形成していた。EL平均値はC群と比しI群で有意に高かった(I群:34.9±21 vs C群:2.8±1.0MW, p=0.04)。4段階に分類したPRの程度とEL平均値は相関傾向を認めた(r=0.17, p=0.2)。EL平均値とQRS幅は相関傾向を認めた(r=0.16, p=0.2)が、BNPとは明らかな相関関係を認めなかった。またICR後14.6年経過した1例でVFMとPC-MRIによる血流解析を比較すると血流パターンやELでほぼ同様の結果を得た。

【結論】VFM及びPC-MRIを用いた血流解析はRVOT血流の様相を可視化し、ELはPRの程度と相関傾向を認めた。さらなる検討でELがBNPやQRS幅に影響を及ぼす時期、つまり肺動脈弁置換術の至適時期を推測できることが期待される。

演題 4

虚血性心疾患の診断と治療のための数値流体シミュレーション

北里大学 血流解析学 宮崎 翔平

近年高齢化社会に伴い冠動脈疾患は多枝病変や心筋viabilityが不均一な病態のものが増加しつつある。単なる狭窄率だけでなく、虚血診断においては狭窄がどの程度虚血に効いているかどうか、また現状のプラーク病変が今後進展や破綻のリスクがどのくらいあるのかという予測が欠かせない。一方血行再建に関しては多枝病変における完全血行再建は単順ではなく、複数のグラフト間の血流競合やその結果stealまで考慮しなければならないこともある。

冠動脈疾患は上記理由から「血流」が極めて重要な疾患の一つであるが、冠動脈の血流は血管が狭小であるため計測が困難である。非侵襲血流計測のgold standardであるPC MRIや超音波ドプラは画像の空間解像度が不十分であり、カテーテルによる流量計測ワイヤーは局所情報しか得られず、またワイヤーの存在が血流を乱す危険もある。一方で近年冠動脈CTや血管内視鏡IVUSなどの冠動脈形状をもとにして数値流体解析CFD (computational fluid dynamics)を行い、冠動脈血流動態を評価しようとする研究が盛んになりつつある。

CFDは時間空間解像度がコンピュータの精度の上限まで上げることが可能であり、流量、圧の系統的な情報が得られるのみならず、最大冠拡張条件などを再現することも可能である。また、壁近傍での血流場から壁すり応力(WSS: wall shear stress)を算出することにより、プラークの進行・破綻のリスクや血管内皮細胞からの活性酸素産生リスクを評価できると過去の基礎実験（細胞実験や動物実験）から信じられている。またCFDにcomputer graphicsを適度に組み合わせることにより、仮想的にバイパス手術など血行再建を行った場合にどのような血流競合のリスクがあるかなどを推定することも可能である。その一方で、計算結果に過ぎない結果がどのような仮定を置くかに大きく依存してしまい、計算仮定を誤ると非現実的な流れの解を与えることもありうる。

本演題では過去の冠動脈CFDにおける研究の現状を我々の解析システムと比較しながら述べることにより、今後の冠動脈疾患の診断と治療に関する寄与について議論する。

血液輸送と渦

心臓血管研究所 上嶋徳久

拡張期に左室内に渦を形成することはよく知られている。一般的に、この渦は血液の輸送を促し、血流を流出路の方向に向かせ収縮に繋げるという役割を果たしていると考えられている。これらの仮説は、渦輪を生成する実験結果からの推論や **phase contrast MR** による左室内の渦流の定性的評価から立てられている。左室内の血液輸送は、二次元であるものの **VFM** からのベクトルデータを基に輸送方程式を解くことで評価可能である。血液の輸送に、渦がどれくらい寄与するかについて検討した。正常例、拡張型心筋症例を検討し、渦成分が輸送に寄与するかについて、統計学的に解析した。

演題 5

心房細動症例における心房内エネルギー効率解析

筑波大学 循環器内科

山本 昌良、町野 智子、石津 智子、瀬尾 由広

我々は以前にVector Flow Mapping (VFM)を左房内血流に応用し、洞調律および心房細動時の各時相毎の左房内血流の詳細な観察が可能であることを報告した。その後、任意にトレースした関心領域内の運動エネルギー量の測定及び、データファイルの出力ができるようにしていただいた。今回は心房細動に対するアブレーション術前に経食道心エコー図を施行された35名の心房細動患者（発作性心房細動 17名、持続性心房細動 18名）を対象とし、左房内の総運動エネルギーとエネルギー損失を求め、洞調律時と心房細動時の心房内エネルギー効率についての検討結果について報告させていただく。また、もやもやエコーや左心耳内血流速度、総運動エネルギー量、エネルギー損失量といった各パラメーター間の関連性についても検討を行い報告する。

演題 6

Vector flow mapping(VFM)を用いた収縮機能とエネルギー効率の評価 -VFMの現状と臨床応用-

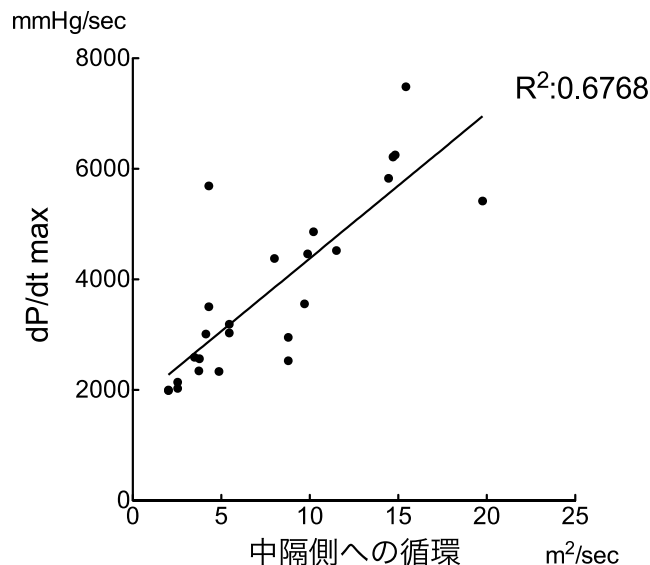
和田 智樹 合屋 征二郎 島田 香寿美 平尾 大樹 中田 マリ 深山 俊治 福島 隆治
田中 綾
東京農工大学獣医外科学研究室

【はじめに】 Vector flow mapping(VFM)とは、カラー Doppler法と心筋のスペククルトラッキング法を用いて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。VFMで計測することができる指標として、「循環」と「エネルギー損失」が挙げられる。循環とは、回転する力を示す指標であり、渦の強さを表す値である。また、エネルギー損失とは、血液の粘性により発生する摩擦熱エネルギーのことであり、血流速度ベクトルの空間的なばらつきにより決定される。これらにより心腔内の渦流動態を詳細に調べることが可能となった。今回、VFMにより、ドブタミンに用量依存性に生じる渦流動態の変化を評価した。本研究ではVFMの有用性を評価するために、圧と容量の同時測定が可能なコンダクタンスカテーテルを用いて前負荷、後負荷、変力作用を同時測定し、複合的な評価を行った。

【方法】正常ビーグル犬雌5頭を供試し、測定には圧と容量をリアルタイムに測定できるコンダクタンスカテーテル・システム(LabChart,AD instruments)を用いた。麻酔下において頸動脈よりカテーテル(VENTRI-CATH-507,Millar)を挿入した後、0(BASELINE),2,4,8,12 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ でのドブタミン(ドブトレックス、塩野義製薬株式会社)投与を行い、各用量における左心室の圧および容量に関するデータ測定を行った。また、各用量において心臓超音波検査を実施し、左側傍胸骨心尖部五腔断面像を撮影した。得られた画像は解析ソフト(DAS-RS-1 Hitachi-Aloka)を用いて左室腔内の渦流を解析し、収縮期において、中隔側への渦の循環が最大になるタイミングで循環の計測を行い、収縮力の指標である $dP/dt \text{ max}$ との比較を行った。また、一心拍におけるエネルギー損失を計測し、一回仕事量(SW)との比較を行った。

【結果】収縮期における中隔側への循環と $dP/dt \text{ max}$ はドブタミンの用量の増加とともに上昇が認められた。そして中隔側への循環と $dP/dt \text{ max}$ は強い相関を示し、相関係数は $r = 0.82$ であった。エネルギー損失はドブタミンの用量依存性に上昇傾向を示し12 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ において有意に上昇した。SWは4 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 以上の用量で有意な上昇が認められたものの、0~4 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ の用量では上昇を示し、それ以上の用量では上昇は認められなかった。

【考察】僧帽弁逆流血流速度により算出される dP/dt は $dP/dt \text{ max}$ とよく相関することが知られているが、MRをもつ症例でしか計測できない点が問題として挙げられる。一方、収縮期における中隔側への循環は正常な犬でも計測できるため、効果的な収縮力の指標となりえると考えられた。本実験の結果、SWは4 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 以降は上昇が認められなかったのに対し、エネルギー損失は上昇を続けたことから、8 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 以上のドブタミンの投与ではエネルギー効率の観点から非効率的であると考えられた。



演題 7

小児期発症の白血病患者における化学療法後の心筋変形能および左室内圧較差の変化

重光 幸栄¹ 高橋 健¹ 小林 真紀¹ 山田 真梨子¹ 秋元 かつみ¹ 藤原 サチ¹ 藤村 純也¹ 斉藤 正博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】がん患者に対する様々な抗がん剤や放射線等の治療により、心毒性が生じることは知られている。小児がん治療後の生存者にとって、心毒性は生命予後決定の主要因だが、従来的心エコー法による心機能評価では早期の心毒性は反映されない。拡張早期の左室内で心基部側と心尖部側間に生じる圧較差(intra ventricular pressure difference:IVPD)は拡張能の鋭敏な指標であり、近年超音波で測定可能となった。しかし小児がん患者に関するデータは存在しない。

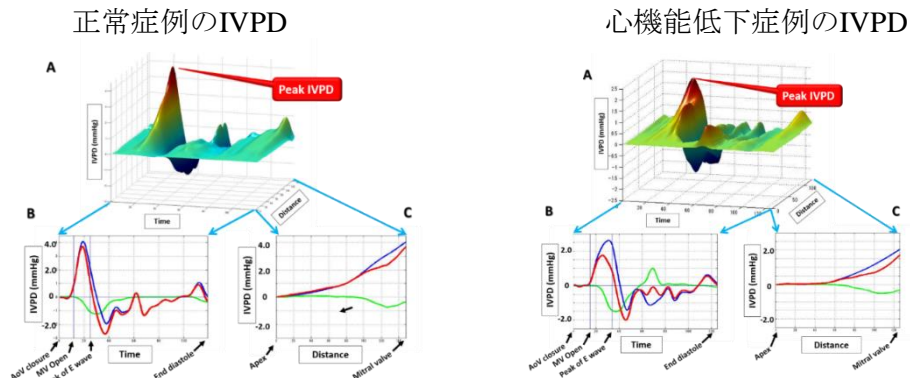
【目的】拡張早期の左室内圧較差(IVPD)や左室変形の評価による心機能評価方法を用い、小児がん治療群における早期の心毒性による心機能低下の発見を試みる。

【方法】対象は小児がんを発症し、化学療法もしくは放射線療法を行った症例(C群)および正常対照群(N群)。心筋変形の指標として、心筋捻じれ角度(Torsion)捻じれ戻り速度(Untwisting rate : UTR)、円周方向及び縦方向のストレイン(CS及びLS)及びその拡張期変化速度(CSR及びLSR)を用いる。また心尖部四空断面像のカラーMモード画像により、左室のTotal IVPDをオイラーの方程式を用いて測定する。

【結果】現在50名の患者の内、22例について解析が終了しており、そのデータを抄録に示す。C群22人、16.7±6.6(8-38)歳およびN群87人、20.4±8.9(7-33)歳。左室駆出率、僧房弁流入E波、E/Aは両群で有意差を認めなかった。TorsionはC群(9.8±3.7度)がN群(13.2±3.9度)に対し有意に低下していたが(p<0.001)、UTR、CS、CSR、LS及びLSRは有意差を示さなかった。IVPDはC群(2.15±0.90mmHg)がN群(2.94±0.61mmHg)よりも有意に低下していた(p<0.001)。N群ではIVPDはTorsion, UTR, CS, CSRと相関したが、C群では相関しなかった。

【結語】Torsion, UTR, IVPDは小児がん治療後の心毒性の早期発見の指標となり得る。さらにC群の中でもTorsion, UTRが上昇するにも関わらずIVPDが低い症例があり、IVPDが最も鋭敏な心毒性の指標となる可能性がある。

現在鋭意データ収集(現時点で約50名)及び解析が進行中であり、Total IVPDに加え、segmental IVPDも解析する予定である。



青: Total IVPD, 赤: Inertial IVPD, 緑: Convective IVPD

演題 8

心不全増悪の既往のある拡張型心筋症では、左室内の血液の輸送は遅れる。

戸田中央総合病院 高橋 梨紗

拡張期から収縮期の移行は、二つの異なった時相間の単なる切り替えではなく、むしろ血流は渦を形成し左室流出路に方向転換する、連続した課程である。このスムーズな流拡張期から収縮期の移行は、二つの異なった時相間の単なる切り替えではなく、むしろ血流は渦を形成し左室流出路に方向転換する、連続した課程である。このスムーズな流れの移行は、ポンプ機能の効率に関連している。拡張型心筋症例の血流輸送を、VFMを用いて可視化し、拡張期に流入した血液が次の収縮期に駆出される血液量を定量化した (direct flow ratio, DFR)。心不全入院歴のある拡張型心筋症では、入院歴のない例に比べて、DFRは有意に低かった。ROC解析では、DFRが、EFやE/E'や長軸方向や短軸方向の心筋ストレインよりも心不全増悪の入院歴を予測できた。心不全増悪歴のある拡張型心筋症では、左室内の血液輸送能が低下していた。