

## ◆参加者の皆様へ

研究会に参加される方は必ず受付をお願いいたします。

参加費：¥500

## ◆講演発表の先生方へ

- 講演は1演題25分（発表15分、質疑10分）です。
- 発表の10分前には会場にご着席ください。
- 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

順天堂大学 D棟7階会議室 （東京都文京区本郷3丁目3-4）



### 順天堂大学

所在地 東京都文京区本郷 2丁目1番1号  
電話 03-3813-3111(大代表)  
URL <http://www.juntendo.ac.jp>

#### <最寄駅からのアクセス>

JR線「御茶ノ水」駅下車(御茶ノ水口) …………… 徒歩7分  
東京メトロ(丸ノ内線)「御茶ノ水」駅下車 …………… 徒歩7分  
東京メトロ(千代田線)「新御茶ノ水」駅下車(B1出口) …………… 徒歩9分  
JR線「水道橋」駅下車(東口) …………… 徒歩8分  
都営地下鉄(三田線)「水道橋」駅下車(A1出口) …………… 徒歩8分

## ◆タイムテーブル

13:00 - 13:30 世話人会

13:30 - 13:35 開会挨拶 上嶋徳久先生

### セッション1: IVPDによる心機能評価

演題1: 13:35 - 14:00

太田和寛先生 東北医科薬科大学病院 心臓血管外科

急速な左室後負荷減少は左室Suctionを改善するか? - 大動脈弁狭窄症に対する経カテーテル大動脈弁植込み術前後の検討

演題2: 14:00 - 14:25

畑中あかり先生 東京農工大学 農学部 動物医療センター研究室

心エコー検査を用いた心筋梗塞再灌流モデルラットにおけるミトコンドリア移植治療の評価

演題3 : 14:25 - 14:50

長谷川稜先生 心臓血管研究所附属病院

上大静脈の血流波形を考える

14:50 - 15:00 休憩10分

---

### セッション2: 新たな解析技術の応用

演題4: 15:00 - 15:25

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

流線トポロジー解析による小児がん経験者の新たな心機能評価の検討

演題5: 15:25 - 15:50

上野総一郎先生 千葉大学大学院 融合理工学府

誘電緩和分析による体外循環中ヘパリン量のモニタリング

15:50 - 16:00 休憩10分

---

### セッション3: 4D Flow MRIと数値流体解析の応用

演題6: 16:00 - 16:25

中尾俊雅先生 自治医科大学 腎泌尿器外科学講座 腎臓外科部門  
膝腎同時移植後の腎および膝グラフトの血流動態解析

演題7: 16:25 - 16:50

桜井勇明先生 名古屋市立大学大学院医学研究科 循環器内科学教室  
4D flow MRIを用いた心房細動症例における左房内血流の解析について

演題8: 16:50 - 17:15

師富真吏先生 名古屋工業大学 大学院工学研究科 工学専攻  
ステントグラフト末端新規内膜亀裂 (dSINE) の発症機序解明を目的とした計算力学的検討

17:15 - 17:20 閉会挨拶 板谷慶一先生

## ◆演題1

# 急速な左室後負荷減少は左室Suctionを改善するか？—大動脈弁狭窄症に対する経カテーテル大動脈弁植込み術前後の検討

太田和寛1) 大原貴裕2) 川本俊輔1) 高橋 健3)

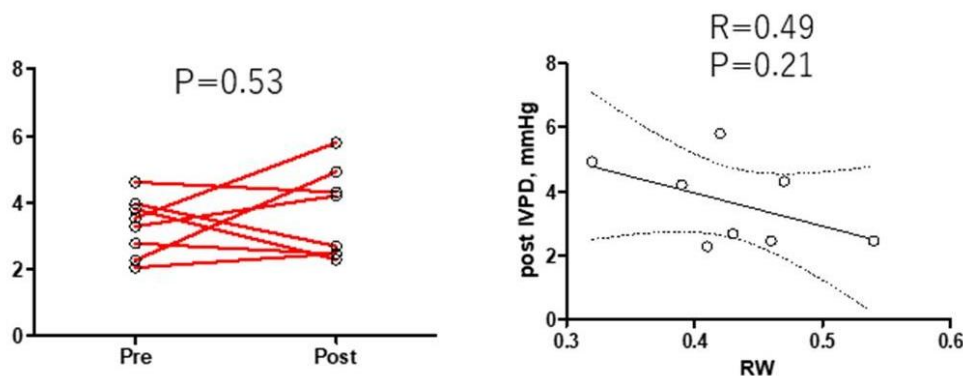
- 1) 東北医科薬科大学病院 心臓血管外科
- 2) 東北医科薬科大学病院 総合診療科
- 3) 順天堂大学小児科 順天堂大学浦安病院小児科

**【背景】** 左室拡張能は心筋の能動的弛緩、弾性リコイルによって生じる心室Suction、心筋コンプライアンスなどの因子が複合したものである。カラーMモード法を用いて算出される拡張早期心室内圧較差 (intraventricular pressure difference; IVPD) によってSuctionを非侵襲的に評価することができる。大動脈弁狭窄症(aortic stenosis; AS)は、大動脈弁の狭窄により左室に慢性的な圧負荷がかかることで、左室の求心性肥大をきたし、心不全の原因となる。近年広く行われている経カテーテル大動脈弁植え込み術(transcatheter aortic valve implantation; TAVI)後には急速に後負荷が解除され、弾性リコイルによるSuctionは改善することが期待される。今回、我々は当院で施行されたTAVI前後で経食道心エコー図(trans esophageal echocardiography; TEE)によりIVPDを計測し、その変化とそれに影響を与える因子を検討した。

**【方法】** 当院にてTAVI前後にTEEを実施し、解析可能な画像が得られた連続8例を対象とした。TEEの左室長軸像でカーソルを左房から左室心尖部にかけておき、カラーMモード像を記録した。Eulerの式に当てはめて、拡張早期IVPDを算出した。

**【結果】** TAVI前後のIVPDは不変/低下したものが4例、増加したものが4例であった(左図)。術後のIVPD値は左室相対的壁厚と中等度の強さの負の相関傾向を認めた(右図)。

**【結論】** TAVI前後のIVPDの変化は一様ではなく、左室肥大や内腔の拡大などの後負荷減少以外の要因も影響していると考えられた。



## ◆演題2

# 心エコー検査を用いた心筋梗塞再灌流モデルラットにおけるミトコンドリア移植治療の評価

畑中あかり1) 横井愛美1) 廣瀬 碧紀1) Ibban Sadab Sipar2) 荻原あさか2) 太田善浩2) 高橋健3) 田中綾1)

- 1) 東京農工大学 農学部 動物医療センター研究室
- 2) 東京農工大学 大学院工学研究院 太田研究室
- 3) 順天堂大学 浦安病院小児科

虚血性心疾患は、梗塞部位の血行再建の成功後にも心機能障害が進行し、最終的に左室機能障害による心不全に陥る問題点がある。再灌流後の心不全を軽減する治療法の開発が進められており、近年、ミトコンドリア補充療法が着目されている。しかし、従来の分離法ではミトコンドリアの活性がほとんど失われてしまうことが欠点として報告されている。これに対し、我々が開発した新しい分離法ではミトコンドリアの活性を維持したまま分離することが可能となった。そこで、本研究では、心筋梗塞後の再灌流がもたらす左室機能障害に対する高活性ミトコンドリア移植治療の効果について、心エコー検査を用いて検討することを目的とした。

18頭のSDラットを6頭ずつ3群に分け、それぞれ対照群と高活性ミトコンドリア移植群、低活性ミトコンドリア群とした。心臓の左冠動脈を30分間虚血し、再灌流1分前に、各群で溶媒あるいはミトコンドリア溶液を梗塞周囲に投与し、その後再灌流処置を行った。虚血再灌流処置の実施前および4週間後にそれぞれ心エコー検査を実施した。従来の心エコー指標として、EF、FS、E波、中隔壁側および自由壁側のE/e'を測定し、新規心エコー指標として、IVPGを計測した。各群で虚血再灌流処置の実施前および4週間後をウィルコクソンの順位和検定を用いて比較し、P値が0.05未満のものを有意差ありとした。

虚血再灌流処置の実施前と4週間後とで従来指標を比較したところ、対照群およびミトコンドリア移植群でいずれも有意差は認められなかった。一方、IVPG解析においては、対照群ではMid to Apical IVPGが有意に低下した。一方、高活性ミトコンドリア移植群ではBasal IVPGが有意に低下した。

対照群において、従来指標で有意差が得られなかったことから、本実験において虚血再灌流処置による形態学的変化は少なかったものと考えられる。一方で、IVPG解析においては、対照群で能動的拡張能の低下が示唆された。このことからIVPG解析は、従来指標では捉えられない軽微な変化を評価することができ、疾病モデルの病態の解明やミトコンドリア移植療法の治療効果の詳細な検討に役立つと言える。近年では心不全は拡張能が収縮能に先行して低下することが分かっており、IVPG解析は従来指標で検出しにくい拡張能を評価できる点が優れている。また、高活性ミトコンドリア移植群においてBasal IVPGが有意に低下しているが、従来指標の結果も考慮すると、これは拡張能の亢進を反映しているものではないかと考えられる。このことから、高活性ミトコンドリアの移植は、再灌流後に生じるはずだった心筋障害を軽減させるだけに留まらない効果を持つのではないかとと思われる。

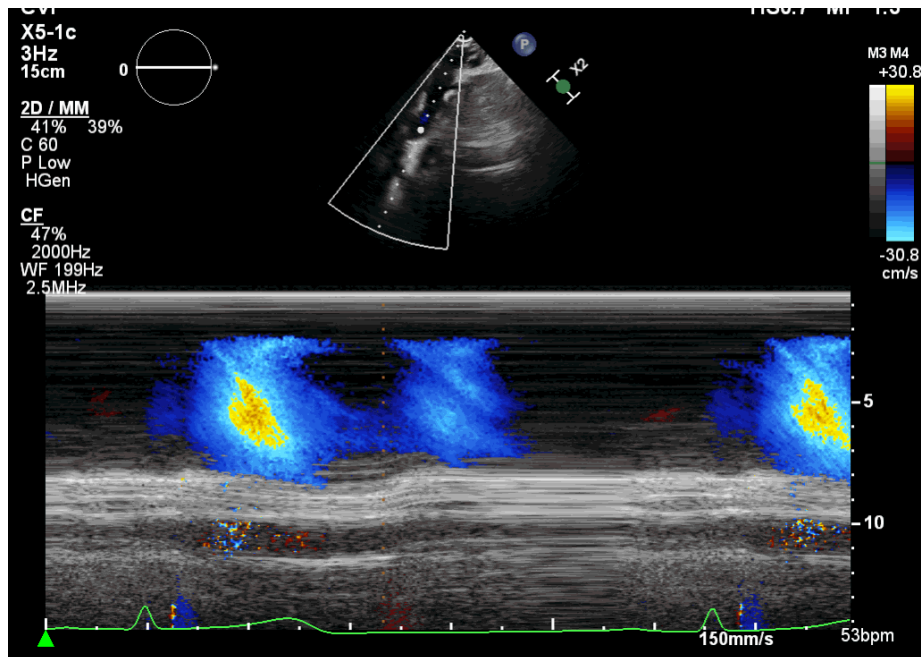
### ◆演題3

## 上大静脈の血流波形を考える

長谷川稜, 加藤祐子, 上嶋徳久

心臓血管研究所付属病院

様々な心疾患において、右心機能は病態に重要な役割を果たしているのみならず、予後も規定することが明らかになっている。しかし、右心系の特異的な構造や血行動態の影響により心エコーを用いた右心機能評価は難しいとされている。上大静脈は右房に直接流入する静脈であるために、その血流波形は右心系の機能を反映している。今回上大静脈波形のドプラ血流波形を記録して、右心機能との関連を考察する。具体的には、右鎖骨上窩に超音波プローブを当てて上大静脈を描出し、上大静脈の血流のカラーMモードを取得すると、収縮期と拡張早期に右房に向かう血流信号が得られた。速度レンジを下げてもう一度折り返しを起こさせると、下図のように左室流入血流のカラーMモードで見られるような脈波が伝播していく様が見られた。これは、右室収縮による吸い込みを反映していると考えられ、右室収縮機能を表していると思われる。当日は、健常心と病的心において血流波形の差を提示し、上大静脈血流波形の意義について考察したい。



## ◆演題4

# 流線トポロジー解析による小児がん経験者の新たな心機能評価の検討

西山 樹 1) 高橋 健 2) 赤塚祐介 1) 加護祐久 3) 秋谷 梓 3) 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) 東海林宏道 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、心室内の血流の可視化が可能となり、新たな心機能指標として位相幾何学と力学理論により血流パターンを同定する流線トポロジー解析(Topological Flow Data Analysis; TFD解析)が提唱された。以前我々は左室ストレインの低下を認める小児がん経験者において、拡張早期異常渦の増加や左室流入血流パターンの変化、収縮期・拡張期渦面積の減少を認めることを報告したが、従来の評価指標で異常を認めない症例を含めた血流パターンの変化は不明である。

**【目的】**TFD解析を用いて小児がん経験者における左心室内血流パターンの変化を評価し、鋭敏な心機能指標になり得るか検討すること。

**【方法】**小児がん経験者90例を3つの年齢群(C1: 4-12歳, C2: 13-19歳, C3: 20-36歳)に分け、年齢を合わせた90例の正常対照群(N1, 2, 3)と比較した。TFD解析はVFM(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構造、鞍点、渦面積及び循環を算出した。

**【結果】**従来の評価指標では左室駆出率はC3群のみで、左室ストレインはC2群以降で低下した。TFD解析では収縮期、拡張期全体の最大渦数や平均渦数は差がなかったが、拡張早期ではC群全群で異常な渦発生数が多く、C2群以降で左室流入血流幅は有意に低下した。収縮期及び拡張期の最大渦面積は差がなかったが、循環最大値は収縮期においてはC群全群で低下し、拡張期はC2群以降で低下を示し、年少群と比べ年長群でより低下している傾向があった。

**【結論】**TFD解析は小児がん経験者の左心室内血流パターンの異常や循環の低下を検出することができ、従来の心機能指標より鋭敏な心機能指標となる可能性が示唆された。

## ◆演題5

# 誘電緩和分析による体外循環中ヘパリン量のモニタリング

上野 総一郎 1) 川嶋大介 2) 松浦功泰 3) 田中 綾 3) 武居昌宏 2)

- 1) 千葉大学大学院融合理工学府
- 2) 千葉大学大学院工学研究院
- 3) 東京農工大学 獣医学部

**【背景】** 血液の抗凝固剤，ヘパリンは体外循環治療に使用されており，適度な血中ヘパリン量を維持することが重要である．現状，ヘパリン量は，活性化全血凝固時間（ACT）で調整されるが，採血や凝固するまでの時間が必要であるため，リアルタイムとのタイムラグが発生し，血中のヘパリン量過多や不足の問題がある．私たちの研究室では，これまでに誘電分光法を用いて血栓形成のリアルタイムモニタリング法を確立させた．しかし，赤血球以外の血中物質の誘電特性について議論中であり，ヘパリンによる血液の誘電特性を明らかではない．

**【目的】** 本研究の目的は，血液の誘電特性を明らかにし，ヘパリン量のモニタリング法を確立させるために，緩和時間分布（RTD）解析から抽出させるパラメータの緩和強度とヘパリン量の関係を明らかにすることである．さらにヘパリン量変化に伴う緩和強度の原因を考察する．

**【方法】** 本実験では，実験イヌに接続した体外循環回路中にインピーダンスセンサを取り付け，代謝や投与によるヘパリン量変動の条件下で，0.1MHz～300MHzの誘電スペクトルを取得した．取得した誘電スペクトルからRTD解析によって複数の緩和強度を抽出した．

**【結果】** RTD解析によって抽出された緩和強度は，ヘパリン量減少に伴い，減少し，ヘパリン量増加に伴い，増加した．緩和強度は，ヘパリンと血球もしくは血漿高分子の結合によって増減していると考察された．



## ◆演題6

### 腓腎同時移植後の腎および腓臓グラフトの血流動態解析

中尾俊雅1) 板谷慶一2) 大山雄大1) 南園京子1) 西田翔1) 昇修治3) 岩見大基1)

- 1) 自治医科大学 腎泌尿器外科学講座 腎臓外科部門
- 2) 名古屋市立大学 心臓血管外科
- 3) 京都府立医科大学 移植・一般外科

**【背景】** 固形臓器移植において血管吻合は患者の生命予後に関わる、重要な手術手技である。最適な血管吻合を実施及び評価することは重要だが、客観的な評価は難しい。腓腎同時移植では末期腎不全の一型糖尿病患者に対して根治治療となる治療法だが、術後は腓臓グラフトの血栓症が問題になる。

今回我々は近年循環器疾患を中心に普及してきている血流解析(Cardio Flow Design社)を使用して腓腎同時移植後の患者の血流解析を施行したので報告する。

**【方法・結果】** 腓腎同時移植後の患者2名、術後1週間以内に撮像した造影CTを使用して血流解析をした。腓臓グラフト内の平均血液流量は $197.5 \pm 40.26 \text{ mL/min}$ 腎臓グラフト $397.25 \pm 38.25 \text{ mL/min}$ と腓臓グラフトの方が低い結果となった。また淀み領域 (Velocity  $< 0.01 \text{ m/s}$ )は腓臓グラフトでは $0.285 \pm 0.015 \text{ mL}$ 、腎臓グラフトでは $0.185 \pm 0.005 \text{ mL}$ と腓臓グラフトで大きい傾向になった。また腓臓グラフトでは淀み領域が発生する部位が特定できた。

**【考察・結語】** 腓腎同時移植の患者では同一患者内にも関わらず、腓臓グラフトでは血液流量の低下を認め、淀み領域が大きい結果となった。腓臓グラフトの血栓症はグラフトの血管床に依存していると考えられるが、血栓症のリスクを最小化する為に、血流解析及びシミュレーションを実施することが有用だと考えられる。

## ◆演題7

# 4D flow MRIを用いた心房細動症例における左房内血流の解析について

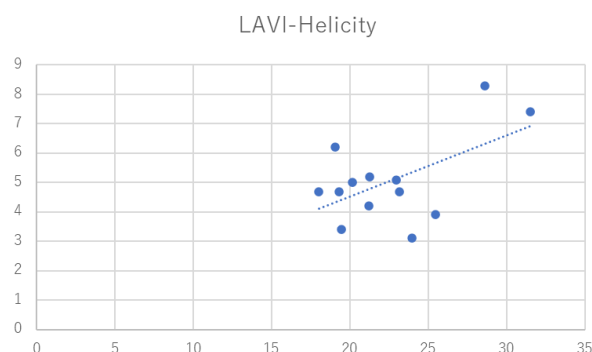
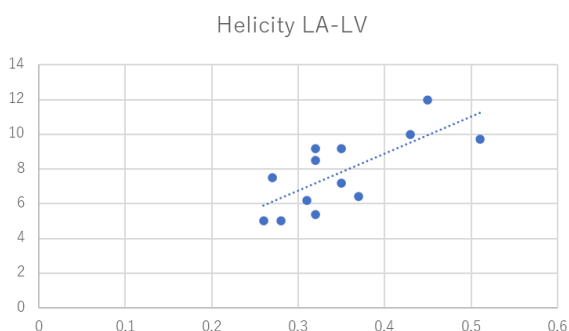
桜井勇明 1) 板谷慶一 2)

- 1) 名古屋市立大学大学院医学研究科 循環器内科学教室
- 2) 名古屋市立大学大学院医学研究科 心臓血管外科学教室

**【背景・目的】** 左心房機能には、①肺静脈から流入する血液を貯留するリザーバー機能、②それを左心室へ流入させる導管機能、そして③左房収縮により左室へ流入血液量を補うブースターポンプ機能の三要素が含まれる。左心房機能障害は、心房細動の原因に加え、心不全増悪のメカニズムとしても注目されているが、左心房内での血流動態の視点からヨウ化した報告は少ない。本研究では、心房細動罹患患者における左心房の血流動態を4D flow MRIにより解析し、その特徴を検討する。

**【方法】** 発作性心房細動患者 15名と健常者1名において4D flow MRIを撮像し、解析ソフトウェアiTFlow(Cardiac Design Inc.)で解析を行った。左房内血流パターン、血流エネルギー損失 (Energy Loss; EL)、3次元で螺旋流の評価指標(Helicity)を評価した。

**【結果・結語】** 4本の肺静脈から各々異なる角度で流入する血流が、左心房内で一つの「渦」を形成して、一塊となって左心室に流入している様子は先行研究と同様の結果が得られた。EL-Helicity、左房容積係数-Helicityに相関関係があることが示唆された。症例数に限界があり、統計学的結論を得るに至らなかったが、心房細動患者における左房内血流の解析結果について議論する。



## ◆演題8

# ステントグラフト末端新規内膜亀裂（dSINE）の発症機序解明を目的とした計算力学的検討

師富真吏 1) 岡村 誉 2) 氏原嘉洋 1) 杉田修啓 1) 中村匡徳 1)

- 1) 名古屋工業大学 大学院工学研究科 工学専攻 電気・機械工学系プログラム
- 2) 自治医科大学附属さいたま医療センター 心臓血管外科

### 1. 緒言

大動脈疾患の治療のため術野から挿入するステントグラフトのことをfrozen elephant trunk (FET)と呼ぶ。FET術の合併症として、FET末端大動脈壁にて新たな大動脈解離が生じることがあり、これをDistal SINE (dSINE) と呼ぶ。dSINEはFET末端とそのやや下流側の大動脈で発症することが確認されている。前者はFETの弾性復元による応力集中によって説明されることが多いが、後者の発症機序は不明である。本研究では、FETの弾性復元後の大動脈内力学環境を調査し、dSINEの根本的な発症機序を探ることを目的とした。

### 2. 方法

FET術後の大動脈モデルを作成し、有限要素解析によってFETの弾性的復元後大動脈で応力集中が生じるかを確認した。その後、血管内腔の血流を数値流体計算によって調べた。

### 3. 結果

FETの弾性復元後、FET末端部の大動脈壁内で高い応力が発生した (Fig. 1, A)。また、FET末端からやや下流側の大動脈表面には高い壁面せん断応力が発生した (Fig. 1, B)。

### 4. 結言

FETの弾性復元によって、大動脈壁に高応力と高壁面せん断応力が発生した。dSINEの発症原因として、大動脈壁内での高応力と大動脈内腔面への高壁面せん断応力の2種類があることが示唆された。dSINEの発症を防ぐためには、初期形状が曲がっているFETを使用するなど、弾性復元が起きないFETを使用することが重要であると考えられる。

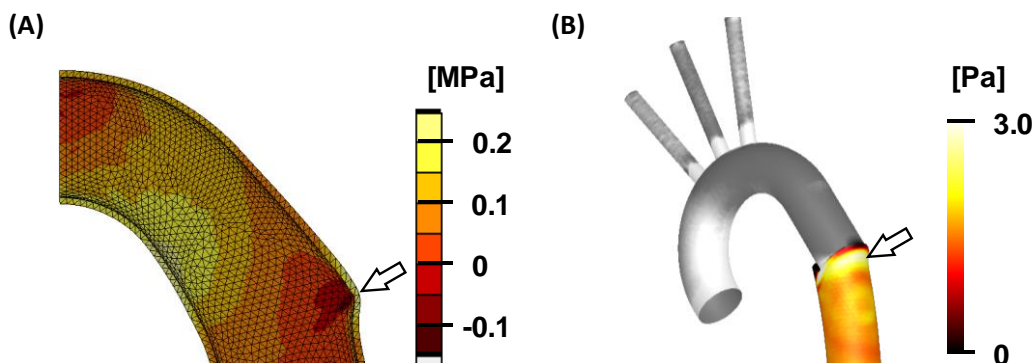


Fig. 1 (A) Contour plots of the circumferential stress in the aorta wall. (B) Contour plots of the wall shear stress in the aorta wall.

