

A three-dimensional biomodel of type A aortic dissection for endovascular interventions

*¹自治医科大学外科学講座心臓血管外科部門, *²東京電機大学理工学部電子工学系

荒川 衛*¹, 住倉 博仁*²

Mamoru ARAKAWA, Hirohito SUMIKURA



1. 目的

B型大動脈解離に対してステントグラフト内挿術の適応が拡大されているが, A型大動脈解離に対しては適応がなく, 限定的な使用に限られる¹⁾。海外では大口径の短いステントグラフトでの臨床試験が行われているが, デバイス改良の余地があると考えられる²⁾。一方で, 現行のデバイス開発の重大な制限は, 大動脈解離の実験モデルが存在しないことである。近年, 3Dプリンタにより臓器モデルの作製は容易となったが, 硬い樹脂では大動脈解離のフラップを表現できず, 大動脈解離を模擬したとは言い難い。そこで我々は, 二腔構造を有する3次元軟性大動脈解離モデルを開発するに至った。補助人工心臓耐久試験装置³⁾に軟性大動脈解離モデルを組み込み, 模擬血管内治療を施行し, 大動脈解離に対する治療前後の血行動態の変化について検討したので報告する。

2. 方法

患者のコンピュータ断層撮影(CT)画像からデジタルイメージングとコミュニケーションデータ(DICOM)を出力し, Mimics(Materialise社)を用いてstandardized triangular languageデータに変換した。次にGeomagic Freeform(3D system社)を用いて3D printed document fileに変換してモ

本受賞レポートの対象論文はJ Artif Organ誌に掲載されています。Arakawa M, Sumikura H, Okamura H, et al. J Artif Organs 25: 125-31, 2022

■ 著者連絡先

自治医科大学外科学講座心臓血管外科部門
(〒329-0498 栃木県下野市薬師寺3311-1)
E-mail. mamoru35@jichi.ac.jp

デルをチェックし, 真腔, 偽腔の二腔構造と, 上行大動脈にエントリーを有する3次元軟性大動脈解離モデル(crossMedical社)を作製した(図1)。この3次元軟性大動脈解離モデルを補助人工心臓耐久試験装置(LoboHeart NCVC, イワキ社)に接続し, 超音波流量計を用いて真腔, 偽腔の流量を計測し, 真腔と偽腔の和を全流量とした。また, 圧トランスデューサを用いて, 大動脈圧, 真腔圧, 偽腔圧を測定した。まず, 目標流量4.5 l/分, 圧110/60 mmHg, 拍動数80/分とし, 生体血行動態への耐久性テストを行った。続いて, 拍動数を140 bpmに瞬時に上げて血流量を下げ, 血管内治療を行う高頻脈ペーシングを模擬し, 最後に, 自作ステントグラフトの留置実験(図1)を行った。

3. 結果

LaboHeart NCVCの出力と, リザーバ, コンプライアンスチャンバ, 末梢抵抗を調節して, 大動脈圧109/59 mmHg,

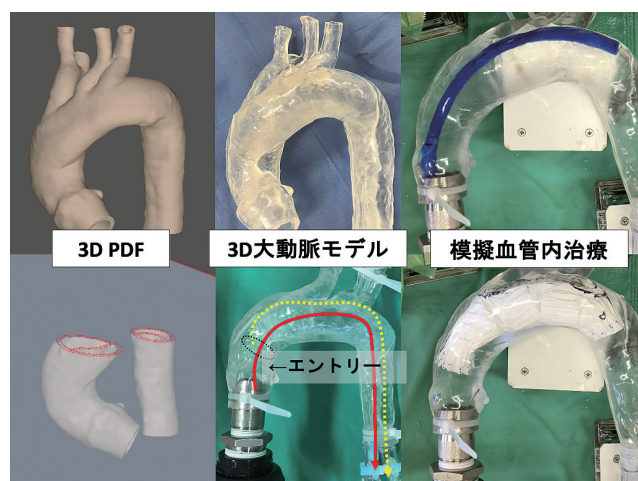


図1 3次元軟性大動脈解離モデル
Reprinted from J Artif Organs 25: 125-31, 2022 with permission.

表1 各試験における血行動態データ

	Baseline	Rapid pacing	After rapid pacing	Before stent-graft placement	After stent-graft placement
Heart rate (bpm)	80	140	80	80	80
Aortic pressure (mmHg)	109/59	23/17	106/57	103/64	99/62
True lumen pressure (mmHg)	85/60	24/14	83/57	84/59	75/49
False lumen pressure (mmHg)	80/63	24/17	79/60	77/61	70/58
Total flow (l/min)	4.58	1.78	4.51	4.60	4.35
True lumen flow (l/min)	2.35	1.02	2.48	2.56	3.60
False lumen flow (l/min)	2.24	0.76	2.32	2.04	0.75

Reprinted from J Artif Organs 25: 125-31, 2022 with permission.

流量4.58 l/分とした時、真腔流量2.35 l/分、真腔圧85/60 mmHg、偽腔流量2.24 l/分、偽腔圧80/63 mmHgとなり、エントリーを介して血流を二分することに成功した(表1)。高頻脈ペーシングで血圧23/17 mmHg、流量1.78 l/分を減量させることができ、速やかにもとの状態に戻すことも可能であった。また、自作ステントグラフトをスティッフワイヤー越しにデリバリし、頸部分枝に合わせて適切な位置に留置することに成功した。さらに、留置後に真腔流量は3.60 l/分まで増加し、偽腔流量は0.75 l/分まで低下した(表1)。

4. まとめ

3次元軟性大動脈解離モデルを用いた拍動型模擬回路で、模擬血管内治療を行うことに成功した。A型大動脈解離の臨床で想定される血行動態を再現し、真腔・偽腔の流量と圧を測定し、模擬血管内治療前後の変化を捉えることが可能であることを示した。

5. 独創性

本研究で用いた大動脈解離モデルは、患者CT画像からさまざまな大動脈解離のタイプ、サイズを作製でき、さまざまな治療目標を定めて模擬治療を行うことが可能である。さらに、複数の治療方法の組み合わせなどで、A型大動脈解離に対する血管内治療のデバイス開発に寄与することが期待される。

本稿のすべての著者には規定されたCOIはない。

文 献

- 1) Roselli EE, Atkins MD, Brinkman W, et al: ARISE: First-In-Human Evaluation of a Novel Stent Graft to Treat Ascending Aortic Dissection. J Endovasc Ther 30: 550-60, 2023
- 2) Sumikura H, Homma A, Ohnuma K, et al: Development and evaluation of endurance test system for ventricular assist devices. J Artif Organs 16: 138-48, 2013
- 3) Arakawa M, Sumikura H, Okamura H, et al: A three-dimensional biomodel of type A aortic dissection for endovascular interventions. J Artif Organs 25: 125-31, 2022