

令和 6 年 6 月 3 日現在

機関番号：31201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K07572

研究課題名（和文）Adamkiewicz動脈の画像診断支援システムの開発

研究課題名（英文）Development of the diagnostic imaging supporting system for the artery of Adamkiewicz

研究代表者

吉岡 邦浩（Yoshioka, Kunihiro）

岩手医科大学・医学部・教授

研究者番号：70210648

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,600,000円

研究成果の概要（和文）：胸腹部大動脈瘤の術前検査として重要なAdamkiewicz動脈の診断は専門医であってもしばしば困難である。そこで、AI（人工知能）の技術を用いてCT画像からAdamkiewicz動脈を自動抽出し、診断を支援するシステムを開発した。その結果、15症例中8症例（53%）でAdamkiewicz動脈を抽出できた。一方で、Adamkiewicz動脈を抽出できなかったのが6例（40%）、前根髄質静脈をAdamkiewicz動脈と誤認したのが1例（7%）であった。

AIを用いることで半数以上の症例でAdamkiewicz動脈を自動抽出可能であることが確認できたが、臨床使用には更なる精度向上が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

AIを用いることで53%の症例でAdamkiewicz動脈を自動抽出できることが判明した。専門医による同動脈の診断精度も50%程度との報告もあるので、これにはほぼ匹敵する精度とも言える。今後自動抽出の精度が向上できればAdamkiewicz動脈の術前診断が非専門医でも専門医と同等以上となり、ひいては大動脈瘤術後の対麻痺の回避に貢献することが期待される。

研究成果の概要（英文）：Diagnosis of the artery of Adamkiewicz, which is important for preoperative evaluation of thoracoabdominal aortic aneurysms, is often challenging even for specialists. Using artificial intelligence (AI) technology, a system has been developed to assist in the diagnosis of the artery from CT images. As a result, the artery of Adamkiewicz could be extracted in 8 out of 15 cases (53%). On the other hand, the artery of Adamkiewicz could not be extracted in 6 cases (40%), and the anterior radiculomedullary vein was misidentified as the artery of Adamkiewicz artery in 1 case (7%).

These results confirmed that the artery of Adamkiewicz could be extracted automatically in more than half of the cases in using AI. However, further improvement in accuracy is needed for clinical use.

研究分野：放射線診断学

キーワード：Adamkiewicz動脈 大動脈瘤 CT

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) わが国では人口の高齢化ならびに手術法の進歩によって大動脈瘤の手術症例は増加の一途をたどっている¹⁾。その一方で、重篤な合併症である術後対麻痺が TEVAR(thoracic endovascular aortic repair)等の新しい手術法が普及した現在においても3~10%の頻度で発生している^{2, 3)}。術後対麻痺は脊髄の虚血が原因であるが、その中でも主たる栄養血管である Adamkiewicz 動脈の血流障害が主因と考えられている。

(2) CT の進歩とともに CTA (CT angiography)による Adamkiewicz 動脈の描出が可能となり、術後対麻痺の回避を目的とした術前の CTA による Adamkiewicz 動脈の同定が診療ガイドラインでも推奨されている¹⁾。

(3) しかし、Adamkiewicz 動脈の存在部位は個人差が大きく、太さも直径が1mm程度と細小な血管で、走行も複雑であることが知られており、CT で描出するのは容易ではない。また、CT では Adamkiewicz 動脈の特徴的な走行である「ヘアピンカーブ」を探索の手がかりとするが(図1)、伴走する前根髄質静脈も類似した形態を呈することが判定をさらに困難にしている。このように、CT による Adamkiewicz 動脈の診断は容易ではなく、熟練された専門的な知識を持った医師でも診断精度は50%に過ぎないと報告されている⁴⁾。これらの点が Adamkiewicz 動脈の術前診断の大きな障害となっていることから、何らかの対策を講じる必要があった。

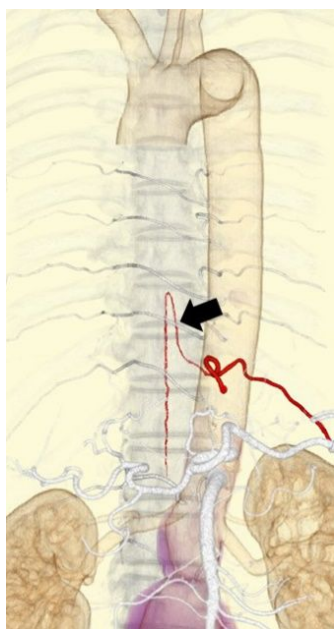


図1 CT Angiography による Adamkiewicz 動脈の描出

Volume rendering (VR) 画像

「ヘアピンカーブ」を描く Adamkiewicz 動脈(矢印)が明瞭に描出されている。この症例では Adamkiewicz 動脈の診断は容易であるが、診断が可能な症例は約半数に過ぎないと報告されている⁴⁾。

2. 研究の目的

(1) AI (artificial intelligence) の技術を用いて Adamkiewicz 動脈の CT による診断を支援するシステムを開発し、専門医のみならず初学者や非専門医であっても Adamkiewicz 動脈の術前診断を可能とし、術後対麻痺の回避に貢献することを目的とする。

(2) 具体的には、CT 画像から Adamkiewicz 動脈を精度良く自動抽出するシステムの構築をゴールとするが、その際には臨床的にしばしば問題となる Adamkiewicz 動脈と誤認され易い静脈 (前根髄質静脈) との鑑別に留意する (図 2)。

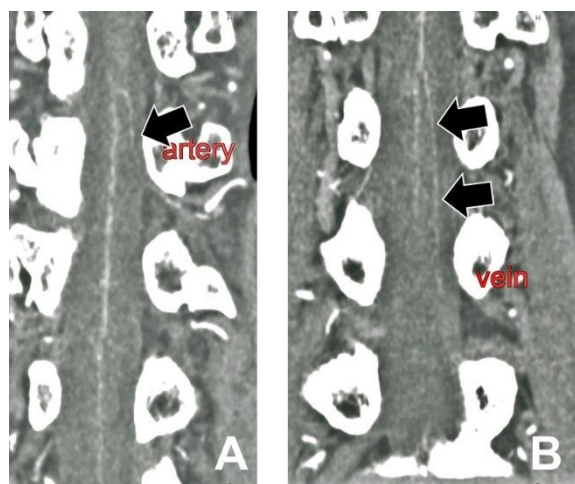
図 2 CT による Adamkiewicz 動脈と前根

髄質静脈の描出

A : Adamkiewicz 動脈 (矢印)

B : 前根髄質静脈 (矢印)

動脈、静脈ともに「ヘアピンカーブ」を描いている。



3. 研究の方法

(1) CT 装置は 160 列の超高精細 CT (Precision、Canon Medical Systems 製) を使用し、0.25mm スライス厚、1024 x 1024 マトリックスで撮影ならびに画像再構成した。画像解析や画像処理には画像処理装置 (ザイオステーション) を用いた。

(2) 対象は、本学附属病院で手術適応と判定された胸部下行大動脈瘤もしくは胸腹部大動脈瘤を有する患者である。

(3) 撮影条件は、管電圧 120 kV、管電流 510 - 520 mA、回転速度 0.5 秒、ビームピッチファクター 0.569 である。画像再構成は逐次近似再構成法の FIRST (forward projected modelbased iterative reconstruction solution)、もしくは AIDR3D (adaptive iterative dose reduction 3D) を用いた。造影剤は、高濃度ヨード造影剤 (iopamidol 370; Bayer) を 3.5 mL/s の注入速度で、注入量は 2.0 mL/kg で注入した。ポーラストラッキング法を用いて、下行大動脈に設定した ROI (region of interest) の CT 値が 250 HU に達した時点で自動的に撮影を開始した。撮影は呼吸停止下に行った。

(4) 得られたボリュームデータから、画像処理装置を用いて CPR (curved planar reformation) 画像を作成し、大動脈から肋間 (腰) 動脈、Adamkiewicz 動脈を経て前脊髄動脈へ至る経路が「一筆書き」のように連続的に描出されるかを 2 人の放射線科医が判定した。判定は先行研究に倣い、視覚的に 4 段階 (excellent、good、fair、poor) に分類し、上

位 2 段階を Adamkiewicz 動脈が診断可能と判定した 4)。

(5)Adamkiewicz 動脈が描出されていると診断された症例を対象として、3D Slicer image computed platform を用いて、Adamkiewicz 動脈と鑑別診断の対象となる前根髄質静脈のセグメンテーションを熟練者が用手的に行い、これを AI(Deep Learning)用の教師データとした。AI は医用画像の学習の代表的なネットワークである 3D U-net を使用した。Adamkiewicz 動脈周辺の領域抽出アルゴリズムを試作して評価を行った。また、動脈と静脈の判別方法として経路探索 (Dijkstra 法) を用いた検討も行った。

(6) 検証用のデータで Adamkiewicz 動脈を診断可能か調査した。

(7)この作業をくり返し、教師データや検証データを増やすことで診断精度の向上を目指す。

4 . 研究成果

(1) 胸腹部大動脈瘤もしくは胸部大動脈瘤で手術が予定された 30 症例に対して CT 撮影を行った。そして、上述した CPR の 4 段階の視覚評価にて上位 2 段階で Adamkiewicz 動脈が描出されていると診断されたのは 22 例であった。その中で鑑別診断の対象となる前根髄質静脈のデータが得られたのは 20 例であった。

(2) その 22 例のうち 17 例を教師データとして AI に学習させた。残る 5 例を検証データとして評価したが、Adamkiewicz 動脈を AI が抽出できたのは 1 例のみであった。

(3) 前根髄質静脈のデータを学習データに加え、アルゴリズムの見直し等を行った後に、新たに用意した Adamkiewicz 動脈が描出されている 15 症例で検証を行った。

(4) その結果、15 症例中 8 症例 (53%) で Adamkiewicz 動脈を抽出できた。この結果から、半数以上の症例で Adamkiewicz 動脈の特徴的な形態 (ヘアピンカーブ) を AI が診断可能であることが確認できた



図 3 AI による Adamkiewicz 動脈の抽出 (成功例)

左 : 熟練者による Adamkiewicz 動脈の描出

「ヘアピンカーブ」を描く Adamkiewicz 動脈が描出されている (矢印) 。

右 : Ai による Adamkiewicz 動脈の抽出

「ヘアピンカーブ」の部分を含む領域が Adamkiewicz 動脈の可能性の高い領域 (赤色で塗りつぶされた部分) として正しく推論されている (矢印)

(5) 一方で、Adamkiewicz の抽出ができなかったのが 6 例 (40%)、前根髄質静脈を Adamkiewicz 動脈と誤認したのが 1 例 (7%) に認められた。

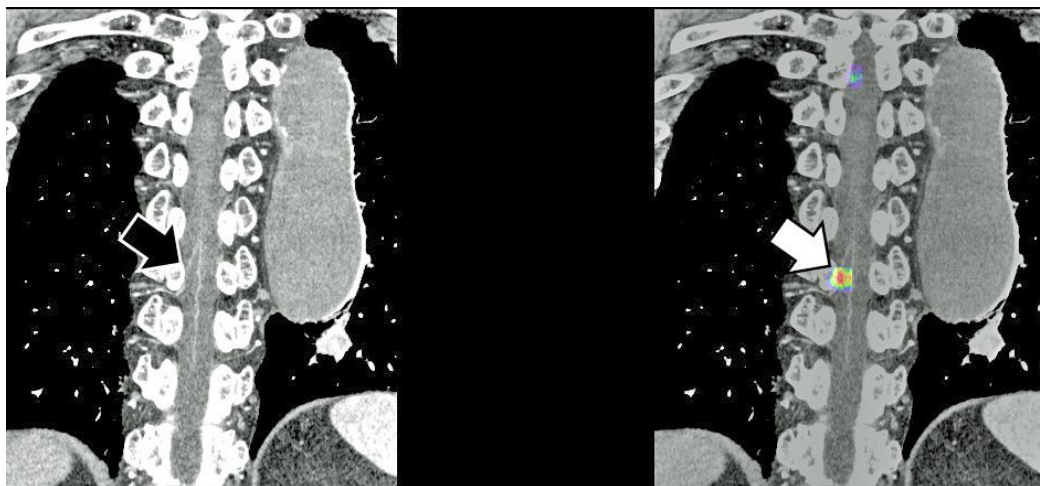


図 4 AI による Adamkiewicz 動脈の抽出 (失敗例)

左: 熟練者による Adamkiewicz 動脈の描出

「ヘアピンカーブ」を描く Adamkiewicz 動脈が描出されている (矢印)。

右: AI による Adamkiewicz 動脈の抽出

Adamkiewicz 動脈の可能性の高い領域 (赤色で塗りつぶされた部分) に「ヘアピンカーブ」の部分が抽出されていない (矢印)。

<引用文献>

- 1) 日本循環器学会、2020 年改訂版大動脈瘤・大動脈解離診療ガイドライン、
https://www.jcirc.or.jp/cms/wp-content/uploads/2020/07/JCS2020_Ogino.pdf
- 2) Tanaka H, J Thorac Cardiovasc Surg 2016;151:122-128.
- 3) Okita Y, AnnCardiothorac Surg 2012;1:373-380.
- 4) Utsunomiya D, Eur Radiol 2008;18:2684-2690.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Yoshioka Kunihiro, Orii Makoto, Tanaka Ryoich	4. 巻 63
2. 論文標題 Recent Innovation of CT Imaging in Vascular Diseases	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Japanese College of Angiology	6. 最初と最後の頁 39 ~ 43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7133/jca.23-00008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Orii Makoto, Sone Misato, Fujiwara Jumpei, Sasaki Tadashi, Chiba Takuya, Kin Hajime, Morino Yoshihiro, Tanaka Ryoichi, Yoshioka Kunihiro	4. 巻 64
2. 論文標題 A Comparison of Retrospective ECG-Gated CT and Surgical or Angiographical Findings in Acute Aortic Syndrome	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Heart Journal	6. 最初と最後の頁 839 ~ 846
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1536/ihj.23-002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 The Japanese Circulation Society, the Japanese Society for Cardiovascular Surgery, the Japanese Association for Thoracic Surgery and the Japanese Society for Vascular Surgery Joint Working Group	4. 巻 87
2. 論文標題 JCS/JSCVS/JATS/JSVS 2020 Guideline on Diagnosis and Treatment of Aortic Aneurysm and Aortic Dissection	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Circulation Journal	6. 最初と最後の頁 1410 ~ 1621
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1253/circj.CJ-22-0794	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Orii Makoto, Sone Misato, Osaki Takeshi, Ueyama Yuta, Chiba Takuya, Sasaki Tadashi, Yoshioka Kunihiro	4. 巻 23
2. 論文標題 Super-resolution deep learning reconstruction at coronary computed tomography angiography to evaluate the coronary arteries and in-stent lumen: an initial experience	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 BMC Medical Imaging	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12880-023-01139-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Schuijf Joanne D., Lima Jo?o A.C., Boedeker Kirsten L., Takagi Hidenobu, Tanaka Ryoichi, Yoshioka Kunihiro, Arbab-Zadeh Armin	4. 巻 16
2. 論文標題 CT imaging with ultra-high-resolution: Opportunities for cardiovascular imaging in clinical practice	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Cardiovascular Computed Tomography	6. 最初と最後の頁 388 ~ 396
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jcct.2022.02.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Imamura Yuki, Kin Hajime, Yoshioka Kunihiro, Tabayashi Azuma, Saitoh Daiki	4. 巻 62
2. 論文標題 Thoracoabdominal aortic aneurysm repair based on pre- and postoperative evaluation of the artery of Adamkiewicz	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 European Journal of Cardio-Thoracic Surgery	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ejcts/ezac196	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Saitoh Daiki, Yoshioka Kunihiro, Kin Hajime	4. 巻 29
2. 論文標題 Collateral pathways to the artery of Adamkiewicz	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Asian Cardiovascular and Thoracic Annals	6. 最初と最後の頁 968 ~ 969
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/02184923211006854	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fujiwara Jumpei, Orii Makoto, Takagi Hidenobu, Chiba Takuya, Sasaki Tadashi, Tanaka Ryoichi, Kin Hajime, Morino Yoshihiro, Yoshioka Kunihiro	4. 巻 63
2. 論文標題 Aortic Elongation in Bicuspid Aortic Valve with Aortic Stenosis Assessed by Thin-Slice Electrocardiogram-Gated Computed Tomography	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Heart Journal	6. 最初と最後の頁 319 ~ 326
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1536/ihj.21-244	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 吉岡邦浩
2. 発表標題 脈管画像診断の進歩：CTの進歩と脈管画像診断
3. 学会等名 第63回日本脈管学会総会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoshioka Kunihiro, Orii Makoto, Tanaka Ryoichi
2. 発表標題 Demonstration of collateral pathways to the artery of Adamkiewicz using ultra-high-resolution CT angiography
3. 学会等名 107th Scientific Assengly and Annual Metting of Radiological Society of North America（国際学会）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 粟井 和夫、尾田 済太郎、船間 芳憲	4. 発行年 2023年
2. 出版社 メジカルビュー社	5. 総ページ数 552
3. 書名 CT縦横無尽	

1. 著者名 日本医学放射線学会	4. 発行年 2021年
2. 出版社 金原出版	5. 総ページ数 552
3. 書名 画像診断ガイドライン 2021年版	

1. 著者名 横山 健一	4. 発行年 2021年
2. 出版社 メジカルビュー社	5. 総ページ数 292
3. 書名 心臓・大血管 画像診断の助ドコロNEO	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	折居 誠 (Orii Makoto) (70508986)	岩手医科大学・医学部・講師 (31201)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力者	上山 悠太 (Yueyama Yuhta)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------