

令和 5 年 6 月 3 日現在

機関番号：13301

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K17922

研究課題名（和文）CFD解析を用いたコイル塞栓術における理想のコイル面の解明

研究課題名（英文）Clarification of the ideal coil surface for coil embolization using CFD analysis

研究代表者

宇野 豪洋（Uno, Takehiro）

金沢大学・附属病院・特任助教

研究者番号：10805154

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：再発率の低い理想のコイル面の解明を目指して研究を実施した。過去に術前データから作成した血管モデルでの仮想コイル面にかかる高い圧力が再発と強く関連していると報告され、注目された。しかし、仮想コイル面での測定値が再発を予測できるのか、更なる検証が必要であった。コイルリング後のデータから作成した、実際のコイル面を反映した血管モデルで検討し、圧力上昇が再発と強く関わっていることがわかった。また過去の報告は内頸動脈瘤での検討であったが、前交通動脈瘤においても同様の傾向であった。圧力が低下するコイル面を模索することで、再発率の低いコイル面を解明できる可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今回の成果で仮想コイル面における高い圧力がコイルリング後の再発と強く関わっている事の検証がなされ、信頼が高まった。仮想コイル面における圧力は術前に測定可能であり、再発リスクの予測ができる。術前にコイルリングによる再発の可能性が高いと予想された症例には、クリッピングなどの他の治療法に切り替える事で、動脈瘤治療の成績向上に寄与できる。

研究成果の概要（英文）：We studied the ideal coil surface with a low recurrence rate. We have focused on the high pressure at the virtual coil plane after coiling, which was reported to be strongly associated with recurrence. However, further validation was needed to determine whether measurements at the virtual coil plane could predict recurrence. We used a vascular model that reflects the actual coil plane, created from post-coiling data, and found that high pressure was strongly associated with recurrence. We found that high pressure was strongly related to recurrence, and although previous reports have focused on internal carotid aneurysms, the same trend was observed in anterior communicating artery aneurysms. The results suggest the possibility of elucidating the coil plane with the lowest recurrence rate by seeking the coil plane with lower pressure.

研究分野：脳神経外科学

キーワード：脳動脈瘤 CFD コイルリング後の再発 Pressure difference

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

脳血管内治療であるコイルリングは、低侵襲であるが、治療後の再開通が問題である。患者の予後改善のため再開通率を下げ、コイルリングの成績を向上させることが急務である。我々はコイルリングにおいて科学的根拠がないまま術者の判断に委ねられているコイル面を変化させることで、再開通率を下げるができないかと考えた。過去にコイル塞栓後の状態を仮定して動脈瘤を人為的に削除した仮想コイル面における圧力が高値である事が再発予測因子であると報告されたが、臨床応用するためには十分な検証が必要であった。

2. 研究の目的

仮想コイル面における圧力測定による再発予測に関して、検証を行う。またコイル面を変化させ、コイル面にかかる圧力の低い最適なコイル面を模索する。

3. 研究の方法

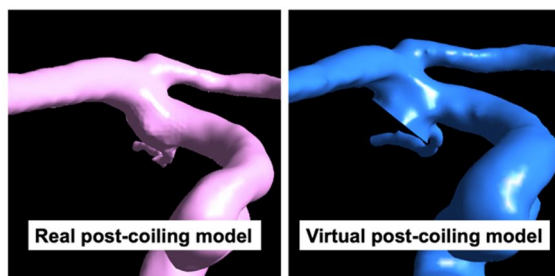
(1) 実際のコイル面を反映したコイルリング術後の患者データから作成した血管モデルにおいて、コイル面の圧力と再発との関連を検討する。また、術前データから作成した仮想コイル面での圧力と比較する。

(2) 過去の検討は内頸動脈瘤のみで行われていたが、前交通動脈瘤でも同様に仮想コイル面の圧力が再発と関連しているか検討する。

(3) コイル面を変化させたモデルにおいて仮想コイル面の圧力が変化するか検討する。圧力が低い理想のコイル面を模索する。

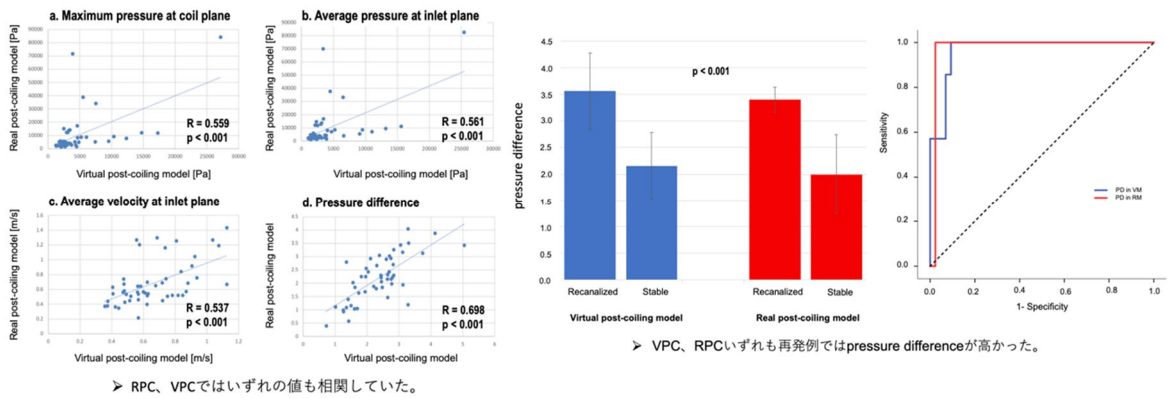
4. 研究成果

(1) 過去の検討はコイル塞栓後の状態を仮定し、人為的に動脈瘤を切除した virtual post-coiling model (VPC) の仮想コイル面で検討しており実際のコイル面との解離があると考えられる。そこで、コイルリング治療後の画像データを用いて実際のコイル面を反映した、real post-coiling (RPC) モデルを作成し、RPC モデルのコイル面における血行力学的因子を評価した。その結果、VPC モデルでの検討と同様に圧力を無次元化した pressure difference (PD) が最も有用な再発予測因子であることが示された。また、VPC モデルと RPC モデルでの測定結果には相関が見られ、再発予測のため PD 測定の有用性が検証された (Uno T, et al. Neuroradiology, 2021)。

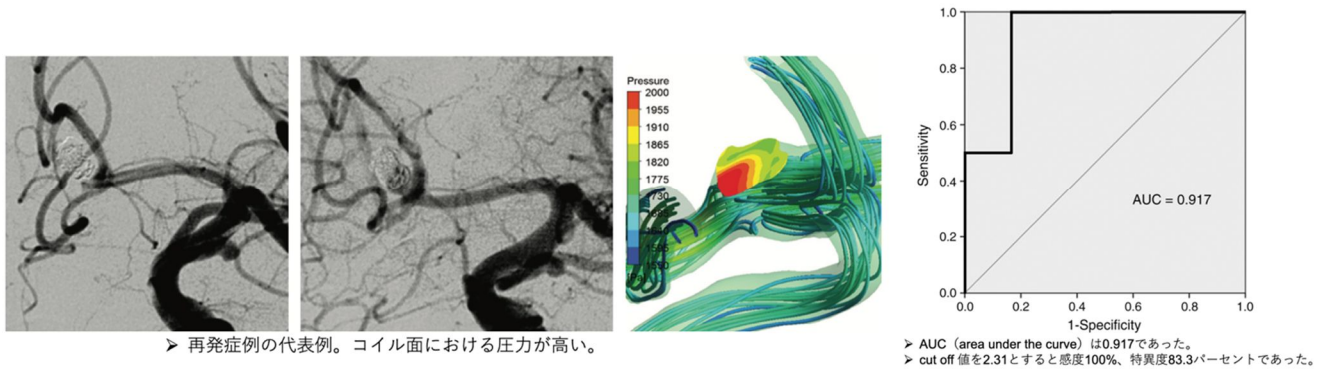


➤ 実際の術後Dataから作成

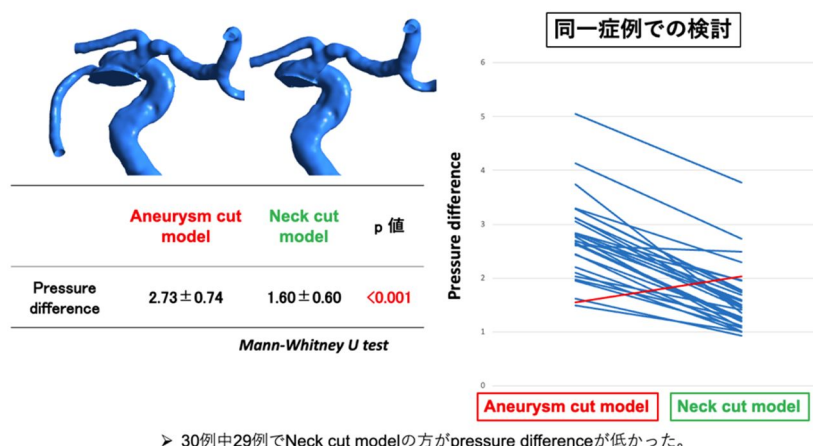
➤ 術前Dataから人為的に作成



(2) 過去の報告は内頸動脈のみでの検討であり、他の部位の動脈瘤でも同様の結果が得られるかは不明であった。そこで内頸動脈瘤以外の前交通動脈瘤においても同様に検討を行いPDが高値である事が再発に強く関与することを証明した (Misaki K, Uno T, et al. JNET J Neuroendovasc Ther, 2021)。



(3) IC-PC 部動脈瘤において分岐血管(PcomA)ごと閉塞させたと仮定した血管モデルである、Neck cut model と分岐血管を温存させた Aneurysm cut model とを同一症例において作成した。各々コイル面における圧を測定し、比較した。30例中29例で Neck cut model の方がコイル面の圧が低くなるという結果であった。分岐血管ごと閉塞させた方がコイル面に及ぼす圧が下がり、再発率が低下する可能性が示唆された。



今回の研究成果にて、術前に測定可能な仮想コイル面における圧力測定が再発予測に有用である可能性が高まった。今後更なる検証のため症例の蓄積と多方面からの検討が望ましい。また、コイル面の変化は今後検討の余地があり、更なる検証が望まれる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kazuya Futami, Kouichi Misaki, Takehiro Uno, Iku Nambu, Tomoya Kamide, Mitsutoshi Nakada	4. 巻 44
2. 論文標題 Morphological factors affecting vortex core instability on 4D flow MRI of unruptured cerebral aneurysms	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Neurological Research	6. 最初と最後の頁 455-462
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/01616412.2021.2004365	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 Kazuya Futami, Kouichi Misaki, Takehiro Uno, Iku Nambu, Taishi Tsutsui, Tomoya Kamide, Mitsutoshi Nakada	4. 巻 50
2. 論文標題 Minimum wall shear stress points and their underlying intra-aneurysmal flow structures of unruptured cerebral aneurysms on 4D flow MRI	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Neuroradiology	6. 最初と最後の頁 302-308
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.neurad.2022.09.001.	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 Iku Nambu, Kouichi Misaki, Takehiro Uno, Akifumi Yoshikawa, Naoyuki Uchiyama, Masanao Mohri, Mitsutoshi Nakada	4. 巻 17
2. 論文標題 Recurrence pattern predicts aneurysm rupture after coil embolization	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PLOS ONE	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） 10.1371/journal.pone.0261996	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 Takehiro Uno, Kouichi Misaki, Riho Nakajima, Iku Nambu, Akifumi Yoshikawa, Tomoya Kamide, Mitsutoshi Nakada	4. 巻 32
2. 論文標題 Factors related to high bifurcation level of common femoral artery	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases	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） 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2022.106976	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 Takehiro Uno, Kouichi Misaki, Kazuya Futami, Iku Nambu, Akifumi Yoshikawa, Tomoya Kamide, Naoyuki Uchiyama, Mitsutoshi Nakada	4. 巻 43
2. 論文標題 Hemodynamic factor evaluation using computational fluid dynamics analysis for de novo bleb formation in unruptured intracranial aneurysms	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Neurological Sciences	6. 最初と最後の頁 1849-1857
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10072-021-05482-x.	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 Takehiro Uno, Kouichi Misaki, Iku Nambu, Akifumi Yoshikawa, Tomoya Kamide, Naoyuki Uchiyama, Mitsutoshi Nakada	4. 巻 63
2. 論文標題 Prediction of internal carotid artery aneurysm recurrence by pressure difference at the coil mass surface	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Neuroradiology	6. 最初と最後の頁 593-602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00234-020-02553-2	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 Kouichi Misaki, Takehiro Uno, Iku Nambu, Akifumi Yoshikawa, Tomoya Kamide, Naoyuki Uchiyama, Mitsutoshi Nakada	4. 巻 15
2. 論文標題 Prediction of Post-Embolization Recurrence of Anterior Communicating Aneurysms with A1 Segment Asymmetry by Fluid Dynamic Analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Neuroendovascular Therapy	6. 最初と最後の頁 71-76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5797/jnet.oa.2020-0021	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 -

〔学会発表〕 計1件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 宇野豪洋、見崎孝一、南部育、上出智也、吉川陽文、中田光俊
2. 発表標題 CFD解析を用いたコイル塞栓術における理想のコイル面の解明
3. 学会等名 第79回脳神経外科学会学術総会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------