

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月15日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22591599

研究課題名（和文） 正確な血管厚み情報を含んだ脳動脈瘤の破裂予測システムの構築

研究課題名（英文） Cerebral aneurysm rupture risk estimation of with artery thickness.

研究代表者

錢 逸 (Yi Qian)

早稲田大学・理工総合研究所・客員教授

研究者番号：80389147

研究成果の概要（和文）：本研究は長年構築された脳動脈瘤破裂予測シミュレーション技術をベースに、脳動脈瘤の血管弾性を考慮した血流シミュレーション技術を構築し、高度な画像処理技術を用いて正確に計測された血管の厚み情報を含んだ脳動脈瘤の固・液連成シミュレーションシステムを開発する。具体的には血流シミュレーション技術を中心とし周辺研究組織の持つ技術を有機的に組み込むことで、取得される高度に再現された患者瘤内流れ情報を用いることで、患者の診断・治療支援技術を確立し臨床への直接的なフィードバックを目指している。

研究成果の概要（英文）：A new approach using the technology of solid-liquid interaction model to estimate the risk of aneurysm rupture was performed under hemodynamic conditions. Flow energy loss in aneurysms was significantly different between ruptured-aneurysms and stable-aneurysms. The preliminary study found that greater energy loss occurred when flow passed through ruptured aneurysms, when compared to unruptured aneurysms. This new concept of energy loss may become a useful tool for the prediction of aneurysm rupture. These preliminary results indicated that EL may be a useful parameter for the quantitative estimation of the risks of rupture for aneurysms.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・生体医工学・生体材料学

キーワード：脳動脈瘤、血流シミュレーション、臨床データベース

1. 研究開始当初の背景

近年、CT scan や MRI 等の医療画像技術の進歩により、偶発的に未破裂脳動脈瘤が発見される機会が多くなってきた。しかし、全ての脳動脈瘤が破裂に至るわけではなく、破裂率は年間約 1% と言われている。脳動脈瘤の手術

手技には開頭手術と血管内治療法の 2 つが存在するが、開頭手術による合併症は 5% にも及んでいる。従って治療方針を決定する際に、脳動脈瘤内の血流特性および瘤の破裂因子の解析は極めて重要である。さらに、不必要な手術を減らすために、高精度なシミュレー

シオン手段を導入して脳動脈瘤の破裂危険性を患者別に短時間に予測し治療方針を決定できる技術が、臨床現場において極めて重要な課題であると考えられる

2. 研究の目的

本研究では、本研究の代表者が長年構築された脳動脈瘤破裂予測シミュレーション技術をベースに、脳動脈瘤の血管弾性を考慮した血流シミュレーション技術を構築し、高度な画像処理技術を用いて正確に計測された血管の厚み情報を含んだ脳動脈瘤の固・液連成シミュレーションシステムを開発する。具体的には東京工科大学の血流シミュレーション技術を中心とし周辺研究組織の持つ技術を有機的に組み込むことで、『正確な血管厚み情報を含んだ脳動脈瘤の破裂予測システムの構築』に挑戦する。取得される高度に再現された患者瘤内流れ情報を用いることで、患者の診断・治療支援技術を確立し臨床への直接的なフィードバックを目指す。図1にまとめてあるような全体構想を目指している。

3. 研究の方法

本研究は各研究組織の得意とする技術を横断的に融合することで構成されている。第一段階として臨床のデータベースから血管の厚み測定技術を構築し、固・液連成シミュレーションを行うことを予定としている。第二段階は慈恵医大、UCLA、Macquarie大学の臨床症例を合わせて、脳動脈瘤発生部位（IC、MCA、ACom）における各10症例を解析し、4D-CTの結果と比較を行う結果脳動脈瘤及び親血管の弾性率を逆計算をおこなう。その結果、『世界初血管厚みを含める脳血管シミュレーション技術の構築』に挑戦する。

4. 研究成果

本研究は長年構築された脳動脈瘤破裂予測シミュレーション技術をベースに、脳動脈瘤の血管弾性を考慮した血流シミュレーション技術を構築し、高度な画像処理技術を用いて正確に計測された血管の厚み情報を含んだ脳動脈瘤の固・液連成シミュレーションシステムを開発する。具体的には血流シミュレーション技術を中心とし周辺研究組織の持つ技術を有機的に組み込むことで、取得される高度に再現された患者瘤内流れ情報を用いることで、患者の診断・治療支援技術を確立し臨床への直接的なフィードバックを目指している。具体的に達成した成果は：

- ・4D-CTを利用して、脳動脈瘤の患者の時系列の画像データを集めることができ、本研究のシミュレーションを行うための適切な脳動脈瘤臨床例を準備できた。
- ・脳動脈瘤の血管厚み計測：画像データをSIEMENSに渡し、瘤と親血管の血管厚みの計測を開始した。
- ・血管厚みを含めるFSIシミュレーション手法の構築：FSIの解析手法の開発ができ、南

アフリカの国際脳神経学会(WFINT2011)で発表した。

・シリコンモデルによる血管厚み計測技術の正確性確認：脳動脈瘤のシリコンを早稲田大学で製作でき、シリコンモデルを用いて血管の弾性率の計測も行い、in-vitroの脳動脈特性パラメータを得られた。

以上の成果により、血管厚みを含めた血流シミュレーション技術を構築、予測される正確な物理特性と脳動脈瘤の血管厚みの影響について定量FSIシミュレーションを行うことが可能になった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計12件)

1. C J Lee, Y Zhang, H Takao, Y Murayama, and Y Qian, The Influence of Elastic Upstream Artery Length on Fluid-Structure Interaction Modelling: A Comparative Study using Patient-Specific Cerebral Aneurysm, Medical Engineering & Physics, Accept Mar. 2013

2. Ying Yu, Jinyu Xu, Xi Wu, Yongfa Wu, Che Jiang, Qinghai Huang, Yi Qian, Jianmin Liu, Analysis of Morphologic and Hemodynamic Parameters for Unruptured Posterior Communicating Artery Aneurysms with Oculomotor Nerve Palsy, Am J Neuroradiol, Accepted, Feb. 2013

3. Chang-Joon Lee, Nahoko Uemiya, Shoichiro Ishihara, Yu Zhang, Yi Qian, A Comparison of Estimation Methods for CFD Outflow Boundary Conditions Using Patient-Specific Carotid Artery, Journal of Engineering in Medicine, Accepted, Jan 2013.

4. S Francis, J Tu Y Qian, A Avolio, A combination of genetic, molecular and haemodynamic risk factors contributes to the formation, enlargement and rupture of brain aneurysms, Journal of Clinical Neuroscience, Accepted, Jan 2013.

5. C Konouraa, T Yagi, M Nakamura, K Iwasaki, Y Qian, S Okudaf, A Yoshitakeg, H Shimizu, R Yozu, M Umezu, Numerical analysis of blood flow distribution in 4-branch and 3-branch vascular grafts, Journal of Artificial Organs, accepted, Jan 2013

6. Yong-Fa Wua, Peng-Fei Yang, Jie Shen, Qing-Hai Huang, Xing Zhang, Yi Qian,

Jian-Min Liu, A comparison of the hemodynamic effects of flow diverters on wide-necked and narrow-necked cerebral aneurysms, Journal of Clinical Neuroscience, 06/2012; 19(11):1520-4

7. Y Zhang, W Chong, Y Qian, Investigation Of Intracranial Aneurysm Hemodynamics Following Flow Diverter Stent Treatment, Medical Engineering & Physics, Accept July 2012

8. S F Sia, Y Qian, Y Zhang, M K Morgan, Mean Arterial Pressure Required for Intracranial Bypass Grafts: An Investigation with Computational Hemodynamic Models, Neurosurgery, 2012 Oct;71(4):826-31.

9. H Takao, Y Murayama, S Otsuka, Y Qian, et al, Hemodynamic differences between unruptured and ruptured intracranial aneurysms during observation, Stroke, 43: 1436-9, 2012

10. Y Zhang, S F Sia, M K Morgan, Y Qian, Flow Resistance Analysis of Extracranial-To-Intracranial (EC-IC) Vein Bypass, J Biomech, 45: 1400-5, 2012

11. Zhang Y, Furusawa T, Sia S F, Umezumi M, and Qian Y, Proposition of an outflow boundary approach for carotid artery stenosis CFD simulation, Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering, Jan 2012

12. Y. Qian, H. Takao, M. Umezumi and Y. Murayama, Risk Analysis of Unruptured Aneurysms Using Computed Fluid Dynamics Technology: Preliminary Results, AJNR Am J Neuroradiol. Nov-Dec; 32(10):1948-55, 2011

[学会発表] (計 8 件)

)

1. J L Liu, J Sun, , JF Liu, and Y Qian, Numerical Simulation and Hemodynamic Analysis of the Modified Blalock-Taussig Shunt, 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'13) Osaka.

2. H Takao, Y Murayama, T Ishibashi, I Yuki, S Otsuka, T Suzuki, S Masuda, A Mohamed,

Y Qian (I Sen), M Yamamoto, and T Abe, CFD Reveals Hemodynamic Differences Between Unruptured And Ruptured Intracranial Aneurysms During Observation, Stroke. 2012;43:A2731, USA

3. Y Qian, J L Liu, and J F Liu, Hemodynamic Simulation for Surgical Treatment of Congenital Heart Disease, 34th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2012 (EMBC'12), USA

4. Y Qian, Estimation of an outflow boundary approach for carotid artery stenosis CFD simulation, ICS 2012, Madison, USA

5. J L Liu, Y Qian, Q Sun, J F Liu, K Itatai, K Miyaji, and M Umezumi, Computational Hemodynamic Analysis for TCCP Pulsatile Simulation with Considering the Influence of Respiration, Proceedings of the ASME 2010 Summer Bioengineering Conference (SBC2010), SBC2010-19335, June 16-19, Grande Beach Resort, Naples Florida, USA

6. J L Liu, Y Qian T. Miyakoshi K. Itatani, K. Miyaji, M. Umezumi, An Approach of Computational Hemodynamics for Cardiovascular Flow Simulation, Proceedings of ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference 2011 AJK2011-03057, 茨城.

7. Y Qian, Hemodynamic Features of Cerebral Aneurysms that Influence to Rupture, ESCTAIC 22nd Annual Meeting, Erlangen, Oct 2011, Germany

8. Y Qian, W Chong, J M Liu, Y Murayama, The Critical Risk Analysis for Middle Cerebral Artery (MCA) Aneurysm by hemodynamic Characteristics, WFINT 2011, Cape Town, Nov. 2011, South Africa.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

錢 逸 (Yi Qian) 早稲田大学・理工総合研究所・客員教授 研究者番号：80389147

(2)研究分担者

梅津 光生 (Mitsuo Umezu) 早稲田大学・理工学部・教授 研究者番号：90132927

村山 雄一 (Yuichi Murayama) 慈恵医科大学・脳神経学科・教授 研究者番号：00239550

(3)連携研究者