



Title	A computational mechanics approach for supporting the treatment of cerebral aneurysms by endovascular coiling
Author(s)	大谷, 智仁
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/55897
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏名 (大谷 智仁)

論文題名

A computational mechanics approach for supporting the treatment of cerebral aneurysms by endovascular coiling
(脳動脈瘤コイル塞栓術の治療支援にむけた計算力学的アプローチ)

論文内容の要旨

脳動脈瘤へのコイル塞栓術は瘤の破裂を予防する治療法の一つであり、コイルを瘤内へ留置することで血流の滞留および血栓化を生じさせ、血流による瘤壁面への力学刺激を取り除く。このとき長期間の治療効果の維持に必要なコイルの充填率や、コイルの分布形状が治療効果に与える影響は患者ごとに異なるが、患者の解剖学的特徴に着目した臨床統計に基づく従来の診断手法では、術前にこれらを予測できない。また、コイルは手作業で瘤内に留置され、瘤内のコイル充填率や分布形状は術者の技量に大きく依存する。以上から、コイル塞栓術により見込まれる治療効果および適切なコイル充填率や形状を患者ごとに予測するとともに、これらを達成するために適切な治療手技を提供する臨床支援が強く望まれる。本博士論文では、コイル塞栓術の血流への塞栓効果を物理的観点から評価し、治療時に適切な治療手技を臨床へ提供することを目的とした計算力学解析を行った。

まず、コイル塞栓術による瘤内血流への塞栓効果を数値流体計算により検討した。コイル塞栓された瘤内血流場を表現する数理モデルの構築および血流解析を行い、コイル充填率と瘤内血流の滞留効果との関係を統一的に評価する物理的指標を検討した。次に、留置したコイル周囲の局所的な血流場の解析を行い、コイル分布形状が瘤内の血栓形成ひいてはコイルの治療効果に与える影響を物理的観点から見出した。さらに、治療時における適切な治療手技の検討のためのコイル挿入の試行実験を可能とする、力学的妥当性のあるコイル挿入の計算力学モデルを構築した。挿入時におけるコイルの瘤内分布は臨床での観察所見と定性的に一致しており、コイルの挿入条件の検討のためのコイル挿入シミュレータとしての有用性を示した。

以上において、コイル塞栓術が瘤内血流に与える流体力学的影響を物理シミュレーションにより解明するとともに、それから得られる患者ごとの最適なコイル充填率や形状、さらに実際の治療時に適切な治療手技を物理的観点から検討するためのフレームワークを構築した。これらの研究成果は、これまでの臨床統計に基づく診断や治療のパラダイムから物理的評価に基づく患者個別診断・治療をもたらし、臨床応用にむけた計算力学的手法によるアプローチの有効性を示すものである。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (大谷 智仁)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教 授 和田 成生
	副 査	教 授 田中 正夫
	副 査	教 授 杉山 和靖

論文審査の結果の要旨

本論文は、近年、低侵襲の治療法として普及してきた脳動脈瘤コイル塞栓術に対して、計算力学的アプローチを導入することで患者個別の臨床データに基づいた治療を支援する医療工学技術の確立を目指した研究である。まず、コイルが充填された脳動脈瘤をダルシー則に従う多孔質体とみなす流体解析により、動脈瘤の発生する位置により変化する動脈瘤内への血液の流入運動量が、コイル塞栓による血流の抑止効果に影響を及ぼすことを示し、血流を十分に滞留させるコイル充填率は、位相コントラストMRIなどで計測される患者個別の血流状態に応じて適切に定めなければならないことを明らかにした。次に、コイルを弾性要素で表現した力学モデルを構築し、瘤の形状やコイルの力学特性、挿入位置や角度によって異なるコイルの3次元形態と充填状態を再現するコイル挿入シミュレータを開発した。これにより得られたコイル充填モデルを用いて、コイル間隙を流れる血液の流体解析を行うことにより、多孔質体モデルでは表現できなかった局所的な血流動態を明らかにした。その結果、臨床的には瘤内での血液の再灌流が起こりやすいとされている瘤ネック部において、比較的高いせん断流が生じていることがわかり、そこでのコイル充填率を増大させる必要性が示唆された。さらに、カテーテルから押し出されたコイルの自然形状が瘤内に充填されるコイルの分布に及ぼす影響について調べ、適切なコイルの分布を実現するコイルの選択や挿入の手技、さらにはコイルの設計の検討にも開発したシミュレータが利用できることを示した。以上のように本論文では、脳動脈瘤内の血流状態や留置されるコイルの形態および分布を明らかにし、患者ごとの動脈瘤の形状に基づいて適切なコイルの充填率や治療手技の選択に対して物理的観点から検討することができる計算力学に立脚したフレームワークを構築した。これらの研究成果は、これまでの臨床における統計的データに基づく診断や治療から計算力学アプローチに立脚した物理的評価に基づく患者個別の診断や治療へのパラダイムシフトをもたらすものであり、本論文は博士(工学)の学位論文として価値のあるものと認める。