



Title	血管塞栓物質の機械的性質の評価と流動挙動の計算力学解析
Author(s)	日高, 国幸
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59104
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【67】

氏 名	ひ だか くに ゆき 日 高 国 幸
博士の専攻分野の名称	博 士（工学）
学 位 記 番 号	第 2 5 2 4 8 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 24 年 3 月 22 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科機能創成専攻
学 位 論 文 名	血管塞栓物質の機械的性質の評価と流動挙動の計算力学解析
論 文 審 査 委 員	（主査） 教 授 和田 成生 （副査） 教 授 田中 正夫 教 授 大城 理

論 文 内 容 の 要 旨

血管塞栓術は様々な塞栓物質を使用して腫瘍や血管奇形などの標的となる血管を詰めて、治療を行う術式である。しかし、塞栓物質の流動は、血管の形状、血流場、球状塞栓物質の物理特性、注入位置・間隔など多くの物理的要因により左右されるため、単純には予測できない。現状では、術者が経験に基づいて、これらの要因を加味し、手技を行っているが、臨床成績が術者の経験に左右されるなどの問題が生じている。そこで、本研究では、まず、塞栓物質が血流中を運動する様子を解析するための計算力学モデルを構築した。球状塞栓物質の弾性特性をばね－質点系のネットワークにより表現し、変形によって生じる力をエネルギー最小原理から求めた。塞栓物質の変形挙動と血流との連成解析には粒子法を用いた。これを用いて、注入位置・間隔が球状塞栓物質の血管内流動挙動に与える影響について分析し、注入位置・間隔により流動挙動が変化することを明らかにした。次に、圧縮試験により、実際に臨床で

使用されている塞栓物質の弾性特性と粘性特性を調べた。結果として、塞栓物質は、非線形的な変形挙動を示すものの、生体内で予想される変形の範囲では線形弾性体として扱えることがわかった。また、大きさが同じでも、塞栓物質の種類によって弾性特性および粘性特性が異なることが明らかとなった。この結果を踏まえ、先に構築した計算力学モデルを用いて、塞栓物質の弾性特性が血管塞栓に与える影響を調べた。これにより、塞栓物質の弾性特性や周囲の血流場の変化に伴い、塞栓される血管の径が変わることを示した。以上により、本研究では、実際に臨床現場で使用される塞栓物質の機械的性質を実験的に調べ、それが塞栓物質の流動ならびに塞栓挙動に与える影響について明らかにした。本研究で構築した計算力学手法は、これまで術者の経験に依存してきた血管塞栓術に対して、客観的な指針を与えるものであり、血管塞栓術の臨床成果を向上させるものであると期待される。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究は、術者の経験や勘に頼ってきた血管塞栓術の手技や塞栓物質の選択に対して、工学的手法を導入することにより、球状塞栓物質の機械的性質と血管内での流動挙動を定量的かつ客観的に評価し、適切に血管を塞栓させる条件を明らかにすることを目的に行われた研究である。本論文では、まず、球状塞栓物質の血管内の流動挙動を定量的に評価するための計算力学手法を確立し、次に、適切な球状塞栓物質を選択するための基礎となる実際の球状塞栓物質の機械的性質を定量的に明らかにした。血管分岐部の塞栓術における手技上の問題に対しては、主血管における半径方向と分岐部までの2つの注入位置を標的血管の近位にするようコントロールするだけでは不十分であり、それに加えて注入間隔を長くして塞栓物質を注入することが効率よく塞栓物質を標的血管へ流し、標的血管外へ塞栓物質を流さないための適切な条件であることを、2次元モデルを用いた計算力学シミュレーションにより示した。また、球状塞栓物質の選択の問題に対しては、実際の機械的性質と塞栓される血管径との関係性を明らかにし、球状塞栓物質を選択する際の指標を示した。これらの球状血管塞栓物質に対する工学的アプローチによる客観的な評価や解釈は、塞栓術を行う術者の経験による手技を補完し、血管塞栓術の術者に有用な情報を提供できるものとする。本研究で確立した計算力学手法は、3次元モデルへの拡張が可能であり、MRI検査や超音波検査、CT検査などの医用画像計測から得られる血管の実形状や血流情報を組みわせれば、実際の生体内での球状塞栓物質の流動挙動を評価できるようになる。この医用情報を用いたイメージベースドシミュレーションにより、個々の血管塞栓術の症例に対応した適切な球状塞栓物質の選択や、標的血管を塞栓するための塞栓物質の注入位置、注入間隔の最適な条件を導き出すことが可能となる。これらは血管塞栓術の術前計画の策定や、術中の適切な注入条件の探索、術後の評価などに利用することができ、血管塞栓術の臨床成果向上につながる工学的アプローチへの発展が期待できる。本研究の工学的予測から導かれる提言や球状塞栓物質の血管内流動挙動の現象の理解により、さらなる臨床成果の向上が期待されるばかりでなく、新しい球状塞栓物質の開発や、予測医学への応用にも貢献できると期待されるものであり、これらの研究成果は博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。