

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	水蒸気を用いた凝固止血用外科手術器の開発
Title(English)	Development of Surgical Cauterization Device Using Steam Jet
著者(和文)	吉木 均
Author(English)	Hitoshi Yoshiki
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10662号, 授与年月日:2017年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:只野 耕太郎,吉田 和弘,小俣 透,進士 忠彦,柳田 保子
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10662号, Conferred date:2017/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	吉木 均
論文審査 審査員		氏 名	職 名	
	主査	只野 耕太郎	准教授	
	審査員	吉田 和弘	教授	
		小俣 透	教授	
		進士 忠彦	教授	

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「水蒸気を用いた凝固止血用外科手術器の開発」と題し、全 5 章から構成されている。第 1 章「序論」では、肝がんの根治術として最も一般的な肝切除術において、多量の出血がある肝切除面を効果的に凝固止血できる技術が求められており、非接触かつ面的な凝固止血が有効であると述べている。一方、既存の非接触・面作用型のアルゴンプラズマ凝固法では、その原理から致死性の塞栓発生リスクがあり適用が困難であることを指摘している。そこで本研究では、一般に熱媒として用いられる水蒸気の凝縮伝熱特性に着目し、これを用いた新たな外科手術用凝固止血装置を提案することで、塞栓発生の恐れがなく非接触かつ面的な凝固止血方法を確立することを目的としている。

第 2 章「水蒸気噴流を用いた凝固止血法の開発」では、提案する水蒸気凝固止血法の物理学的特性と生物学的な効用をまとめ、定性的および定量的に評価している。まず、非接触・面作用型という点で類似するアルゴンプラズマ凝固法との特徴比較を通し、肝切除術を対象とした場合の効用を検討している。次に、装置の設計指針を定めるために、水平平板における強制対流膜状凝縮熱伝達理論を用いた解析によって、水蒸気圧力等の条件に対する熱伝達率の関係を示すとともに、その高い熱伝達率から水蒸気によって非常に素早い加熱が期待できることを述べている。次に、提案手法の原理実証のために、ボイラを用いた水蒸気発生装置および噴霧ノズルを製作し、水蒸気噴流による生体凝固装置を試作している。本装置を用いて、屠殺後のブタの肝臓に対する凝固性能の定量的評価を行い、設定圧力が 10~50 kPa(G) のときに 0.5~2.7 mm の凝固深さを達成できることを明らかにしている。さらに、提案手法によってブタの肝臓の凝固止血が行えることを in vivo 実験において確認するとともに、水蒸気の拡散による副次熱傷の発生などの解決すべき課題を明らかにしている。

第 3 章「吸引併用水蒸気凝固止血装置の開発」では、第 2 章で問題となった水蒸気の拡散を抑制し、より安全な水蒸気凝固止血を実現するために、吸引流と水蒸気噴流を組み合わせた凝固止血法の検討を行っている。はじめに、水蒸気噴流の周囲に吸引流を発生させるために、水蒸気ノズルの外側に吸引流用の管路を配置した 2 重管構造を提案している。本構造において、水蒸気の対象部位への作用を阻害せずにその拡散を十分に抑制できる条件が存在することを CFD(Computational Fluid Dynamics) 解析により確認している。本結果を基に水蒸気噴流と吸引流を併用できる 2 重管ノズルを設計、試作するとともに、第 2 章において製作した装置に吸引系を追加実装し、吸引併用水蒸気凝固止血装置として構成している。本装置を用いてブタの肝臓に対する凝固深さおよび凝固面積の ex vivo 評価を定量的に行い、その結果、吸引流併用によって、凝固深さの範囲を狭めることなく凝固面積の制御が容易になることを示している。

第 4 章「水蒸気凝固止血法の効用評価」では、提案する水蒸気噴流による凝固止血法の有効性を in vivo 環境において実証している。提案手法ならびに開発した凝固止血装置によって、模擬の肝切除術における肝臓切除面の凝固止血に成功している。また、吸引流の併用により副次的な熱傷が抑えられることを確認している。一方、太い脈管からの出血に対しては機械的な閉塞を併せて行う必要があるなどの臨床応用に向けた課題も明らかにしている。次に、in vivo 実験にて凝固止血された肝組織に対し顕微鏡観察による病理組織学的な評価を行い、水蒸気が生体に与える熱的作用とその急性期の影響

を明らかにしている．また，水蒸気噴流により凝固止血した組織内および凝固変性部周辺の血管内において，塞栓の原因となる気泡が観察されないことを示している．さらに，水蒸気による凝固形態を既存の外科手術用エネルギーデバイスによるものと病理組織観察を通して比較，整理し，提案手法は組織を乾燥させず稠密に凝固できる点で優れるとしている．

第5章「結論」では，本論文により得られた結果を総括するとともに今後の課題について述べている．

以上要するに，本論文は，水蒸気噴流を用いた新たな凝固止血法を提案し，理論解析および実験によって，その特性と有効性を明らかにしたものであり，工学上ならびに工業上寄与するところが大きい．よって，我々は本論文を博士（工学）の学位論文として十分に価値があると認める．

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。