

脳動脈瘤手術における手術シミュレーションツールの有用性を確認
－3Dプリンターによる脳内模擬血管の作製と臨床応用－

【概要】

この度、名古屋大学 未来社会創造機構 社会イノベーションデザイン学センター（機構長 松尾清一教授、センター長 齋藤永宏教授）のプロジェクトにおいて、上野智永助教、入江恵子客員准教授は、名古屋共立病院脳神経外科 小倉丈司医師と連携し、脳動脈瘤手術における手術シミュレーションツールの有用性を確認しました。この手術シミュレーションツールは、脳動脈瘤手術を必要とする患者の脳内の模擬血管を、3次元画像データから3Dプリンターによって再現することで作製されました。これにより、手術前に手術方法を確認することが可能となります。実際に執刀に当たった小倉医師は、本手法の有用性について、「術前シミュレーションは患者さんの治療を安全に行う上で大変役に立った」と述べています。

脳動脈瘤破裂は、クモ膜下出血といった重篤な疾患につながる病気です。この治療法として開頭クリッピング術（瘤付近をクリップする）が行われています。しかし、脳の血管は複雑な構造および配置をしており、実際の手術においては、医師の豊富な経験と正確な判断に頼らざるを得ませんでした。より安全に手術を行うためには、患部を正確に再現した模擬血管を作製し、術前に手術の方法を確認、練習した上で、手術を行う必要があります。このようなニーズに応えるため、患者の3次元画像データをもとに模擬血管を作製しました。作製には3Dプリンターを用いたため、安全な手術を低コストで臨床の場に提供することが可能となります。

社会イノベーションデザイン学センターでは、社会課題の抽出とそれを解決するためのイノベーションツールの開発、及びその社会実装を目指しています。今回作製した模擬血管は、今後ベンチャー企業（名古屋ラピッドプロダクツ株式会社）と連携し、オンデマンドな供給体制を構築することで、平成27年末までに医療機関への本格普及を目指します。

脳動脈瘤手術における手術シミュレーションツールの有用性を確認

－3D プリンターによる脳内模擬血管の作製と臨床応用－

【概要】

この度、名古屋大学 未来社会創造機構 社会イノベーションデザイン学センター（機構長 松尾清一教授、センター長 齋藤永宏教授）のプロジェクトにおいて、上野智永助教、入江恵子客員准教授は、名古屋共立病院脳神経外科 小倉丈司医師と連携し、脳動脈瘤手術における手術シミュレーションツールの有用性を確認しました。この手術シミュレーションツールは、脳動脈瘤手術を必要とする患者の脳内の模擬血管を、3次元画像データから3Dプリンターによって再現することで作製されました。これにより、手術前に手術方法を確認することが可能となります。実際に執刀に当たった小倉医師は、本手法の有用性について、「術前シミュレーションは患者さんの治療を安全に行う上で大変役に立った」と述べています。

脳動脈瘤破裂は、クモ膜下出血といった重篤な疾患につながる病気です。この治療法として開頭クリッピング術（瘤付近をクリップする）が行われています。しかし、脳の血管は複雑な構造および配置をしており、実際の手術においては、医師の豊富な経験と正確な判断に頼らざるを得ませんでした。より安全に手術を行うためには、患部を正確に再現した模擬血管を作製し、術前に手術の方法を確認、練習した上で、手術を行う必要があります。このようなニーズに応えるため、患者の3次元画像データをもとに模擬血管を作製しました。作製には3Dプリンターを用いたため、安全な手術を低コストで臨床の場に提供することが可能となります。

社会イノベーションデザイン学センターでは、社会課題の抽出とそれを解決するためのイノベーションツールの開発、及びその社会実装を目指しています。今回作製した模擬血管は、今後ベンチャー企業（名古屋ラピッドプロダクツ株式会社）と連携し、オンデマンドな供給体制を構築することで、平成27年末までに医療機関への本格普及を目指します。

【背景及び社会課題】

世界の死亡原因の第2位は、脳卒中のような脳血管疾患だと言われています（WHO 調査より）。クモ膜下出血も脳血管疾患の1つです。クモ膜下出血は脳動脈瘤が破裂することで引き起こされますが、破裂を未然に防ぐために、開頭クリッピング術が近年用いられています。クリッピング術は、チタン製クリップで動脈瘤付近を止めることで、動脈瘤内に血流が完全に通わない状態にすることができる手術です。現在、このようなクリッピング術の安全性は95%程度であり、重篤な後遺症や死亡に至るケースは、約5%以下です。しかしながら依然リスクは残っており、手術リスクのさらなる低減が求められています。また、今後高齢者が増加し、疾患者の増加が見込まれることから、より一層の医師の手術手技の熟練が必要とされています。

【課題の解決方法および成果】

上記の課題を解決するために、術前に患者の脳動脈瘤3次元画像から、テーラーメイド瘤を作製し、手術前に手技を確認するための手術シミュレーションツールを開発しました。樹脂を溶解させて積層するタイプの熱溶解積層方式3Dプリンターを用いて、ABS (acrylonitrile butadiene styrene copolymer) 樹脂製血管モデルを作製しました。そこにシリコーンゴム原料を塗布して硬化し、雛形

のABS樹脂を溶解させることで、シリコーン製の脳動脈瘤モデルができます（図1）。

クリッピング術に使用されるクリップには様々な種類があり、開頭後に医師が症状を判断、選択しなければなりません。しかし、テーラーメイド瘤を作製し、事前に検討することで、クリップの種類や治療方法を予め検討した上で（図2）、手術の執刀を行うことができました（図3、図4）。実際の手術所見（図4）と比較したところ、この脳動脈瘤モデルは患者の疾患部位と、瘤の形状や大きさ、近傍からの分岐血管などの解剖学的所見が一致し、その有用性が確認されました。



図1 作製したシリコーン製脳動脈瘤モデル



図2 術前クリッピングのシミュレーション



図3 手術の様子



図4 手術所見

【今後の展開】

今回有用性が示された脳動脈瘤手術シミュレータの社会実装に向けて、医療機関での実証を継続し、手法の定着を図るとともに、ベンチャー企業（名古屋ラピッドプロダクツ株式会社）と連携し、迅速な供給体制を構築することで、平成27年年末を目途に医療機関での普及を目指します。

【用語解説】

<脳動脈瘤破裂>

脳の血管の一部が膨らんで弱くなっているところを脳動脈瘤と呼ぶ。脳動脈瘤が破裂すると、クモ膜下出血が起こり、クモ膜下出血が起こると重度の後遺症が残る場合や死に至る場合もある。

<クリッピング術>

脳動脈瘤に血流が流れ、脳動脈瘤破裂を引き起こる前に、脳動脈瘤をクリップで留めて、脳動脈瘤への血流の流れを完全に遮断し、破裂を防ぐ手術方法のこと。

<シリコーンゴム>

ゴム状のシリコーン樹脂であり、一般に液体の状態でも販されている。ここに硬化剤を加えると重合反応により硬化し、ゴム状となる。血管の弾性に近いことから、模擬血管等として使われる。

<ABS 樹脂>

アクリロニトリル、ブタジエン、スチレン共重合合成樹脂の総称であり、加熱すると軟らかくなり、成形しやすくなる。剛性、硬度、加工性、耐衝撃性等の機械的特性のバランスに優れている。有機溶剤に可溶である。

<熱溶解積層方式 3D プリンター>

三次元の立体形状を造形することができる装置である。熱で軟らかくなる樹脂をノズルから造形テーブルに押し出し、積層方式により 3 次元立体構造を作製する。

<名古屋ラピッドプロダクツ>

会社名：名古屋ラピッドプロダクツ株式会社

代表取締役：入江恵子

取締役：岡田教志、岡田隆治、入江恵一郎

所在地：名古屋市千種区不老町

名古屋大学 グリーンビークル材料研究施設 産学連携スペース 115 号室

設立年月日：平成 26 年 5 月 29 日

事業内容：医療関連の各種シミュレータの作製

資本金：100 万円