

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：16301

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2022

課題番号：21K16450

研究課題名（和文）外科領域におけるコンピュータ流体解析の有用性

研究課題名（英文）Usefulness of computational fluid dynamics in surgical field

研究代表者

坂元 克考（SAKAMOTO, Katsunori）

愛媛大学・医学部附属病院・講師

研究者番号：50790218

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：コンピュータ流体力学により、複雑な血行再建の最適な方法を検証した。2本の静脈に対して、1本の静脈を吻合する際には、2本の隣り合う血管の隣接壁面をV字に切除し、1本に形成することで、良好な流れが得られることを証明した。これによりより複雑な血行再建を要する進行癌に対する手術適応を安全に拡大することができると思われる。

研究成果の学術的意義や社会的意義
コンピュータ流体力学により、複雑な血行再建の最適な方法を導出することにより、より安全に手術適応患者を増加させることで、難治癌の予後を改善させる可能性がある。本方法はこれまでに経験でしか得られなかった手術手技の有用性を科学的に証明できたため、後世への伝達がより容易になる。

研究成果の概要（英文）：Computational fluid dynamics validated the optimal method for complex revascularization. When one vein is anastomosed to two veins, good flow can be obtained by cutting the adjacent walls of the two adjacent blood vessels in a V-shape to form a single vein. We believe that we can safely expand the surgical indication for advanced cancer that requires more complicated revascularization.

研究分野：消化器外科

キーワード：血行再建 コンピュータ流体力学

1. 研究開始当初の背景

近年、流体工学の分野で、3次元(3D)モデルを用いたコンピュータによる流体数値シミュレーション解析(computational fluid dynamics, CFD)が可能となっている。また、医用画像の急速な進歩によって血管走向なども容易に3D化できるようになっており、CFDと医療を組み合わせたいくつかの報告がある。しかし、外科手術手技の妥当性に関して、CFDを用いて検証した研究は少ない。本研究の目的は、外科治療におけるCFDの有用性を示すことである。

2. 研究の目的

血行再建の手技は、経験による部分が大きく、流体学的な検証がされていない。一方、流体力学の分野ではシミュレーションソフトウェアが発展しており、コンピュータ上で流体解析が可能となっている(computational fluid dynamics, CFD)。そこで、血行再建手技の妥当性の検証に、CFDが有用と考えた。肝移植や肝胆膵悪性腫瘍手術では2本の血管に対して1本の血管の縫合を要することがある。しかし、2本 vs 1本の静脈再建は、血栓形成による血流停止などの危険性が高いため、それを回避するために、2本の血管において接する部位の血管壁をV(もしくはU)字に除去し、1穴に形成している。このV(U)字形成の有用性の流体力学的検証とより良い血管吻合法の探索が本研究の目的である。

3. 研究の方法

2本 vs 1本の血行再建の検証に関しては、まずコンピュータ上で、V(U)字形成を含めた各種の血行再建の3Dモデルを3Dプリンタなどでも使用するSTL形式ファイルを用いて作成する。そして、OpenFOAMと呼ばれるオープンソースの流体解析ソフトウェアを用いてシミュレーションを行う。血行再建モデルの作成に際しては、本検討で最も重視している2本の血管口を1穴に形成する部位の形状を、V(U)字形成なし/小さいV(U)字形成/大きいV(U)字形成の3種類作成し、血管吻合部における流速や乱流、圧力の評価をそれぞれの血行再建モデルで行い、血栓形成の原因となりうる差異がないか評価する。流体の方向に関しては、合流と分岐の両方向の評価を行う。血管径に関しては、実際に扱う門脈系や肝静脈と合わせて血管径は10mmと想定し、2本側の血管径比は、同じ径とみなした1:1の比率に加えて、2:1や3:1のように異なる血管径比の組み合わせでも検討する。2本の隣接血管の角度に関しては、15-45°の幅で検討する。流速は、実際の静脈や門脈と合わせて100-200mm/秒と設定する。流体性状に関しては、まず粘性係数が一定のニュートン流体での検討を行う。しかし、実際の血液は粘性係数が剪断に依存する非ニュートン流体であり、ニュートン流体での検討で有意な差が認められない可能性もある。その場合には、血液に即した非ニュートン流体での検討も行う。

4. 研究成果

コンピュータ流体力学により、複雑な血行再建の最適な方法を検証した。2本の静脈に対して、1本の静脈を吻合する際には、2本の隣り合う血管の隣接壁面をV字に切除し、1本に形成することで、良好な流れが得られることを証明した。良好な流れとは、分岐形態においては、V字形成では、入口部の圧が低く、分岐部の流速が遅いという結果であった。合流形態においては、同

様に入口部の圧が低く、合流後の流速が速かった。また分岐における分岐部の壁剪断圧もV字形成では低かった。いずれの結果からも、V字形成は2本 vs 1本の血行再建において重要な役割を示していることが証明された。この研究結果により、より複雑な血行再建を要する進行癌に対する手術適応や肝移植適応を安全に拡大することができると思う。

上記結果は、英文論文として、国際誌に受理され、公表されている。今後、さらなる流体学検証と外科領域を組み合わせた研究を行っており、公表予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Sakamoto K, Iwamoto Y, Ogawa K, Tamura K, Nishi Y, Uraoka M, Nagaoka T, Honjo M, Funamizu N, Takada Y	4. 巻 Epub ahead of print.
2. 論文標題 Unification venoplasty during two versus one venous reconstruction: Computational fluid dynamics study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 J Hepatobiliary Pancreat Sci.	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/jhbp.1280	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------