

令和 3年 3月

中島定男 学位論文審査要旨

主 査 藤 井 進 也
副主査 花 島 律 子
同 黒 崎 雅 道

主論文

A new method of microcatheter heat-forming for cerebral aneurysmal coiling using stereolithography three-dimensional printed hollow vessel models

(光造形型3Dプリンタで作成した中空血管モデルを用いた、脳動脈瘤コイル塞栓術のためのマイクロカテーテル熱形成の新しい方法)

(著者：中島定男、坂本誠、吉岡裕樹、宇野哲史、黒崎雅道)

令和 3年 Yonago Acta Medica 64巻 113頁～119頁

参考論文

1. STA-MCAバイパス術を安全に施行するための各種モダリティの使い方

(著者：鳥橋孝一、小椋貴文、細谷朋央、中島定男、吉岡裕樹、仲山美名子、
神部敦司、坂本誠、黒崎雅道)

平成31年 脳卒中の外科 47巻 12頁～16頁

学位論文要旨

A new method of microcatheter heat-forming for cerebral aneurysmal coiling using stereolithography three-dimensional printed hollow vessel models

(光造形型3Dプリンタで作成した中空血管モデルを用いた、脳動脈瘤コイル塞栓術のためのマイクロカテーテル熱形成の新しい方法)

脳動脈瘤破裂予防のための外科的治療において、開頭クリッピング術と並びコイル塞栓術は重要な選択肢の1つである。コイル塞栓術を安全で迅速に行うためには、マイクロカテーテル(microcatheter;MC)を動脈瘤内の意図した部位に挿入するための誘導性と、術中に逸脱しない安定性を備えたMC先端形状が不可欠である。動脈瘤周辺の血管構造は症例ごとに異なるため、術者自身がMCの先端形状を適宜形成する事が多い。しかし現時点では適切にMC先端形状を決定するための理論的かつ実用的な方法論は確立されておらず、術者の経験に基づいて症例ごとに試行錯誤しながら形成している現状がある。

今回、我々は術者の経験を不要とする新しいMC先端形成の方法を開発した。

方法

対象は2019年2月から2020年2月までの12名14例の未破裂脳動脈瘤。動脈瘤とその母血管の3D画像は、回転血管撮影で得られたDICOMデータを使用して、Amira®で作成した。作成した3DモデルをMeshmixer®で法線方向外側に押し出して中空モデルを作成した。動脈瘤の先端部分に穴を開けた後、光造形型3DプリンタPhoton®で出力した。動脈瘤の穴を通して血流と逆行性にマンドレルを挿入することで血管内腔の外周側に沿うように形成した。このマンドレルをMCに挿入し、ヒートガンでMCの先端を熱形成した。

本手法の有用性は、誘導性;Accessibility、先端位置;Positioning、安定性;Stability、合併症 ; Complicationの四項目で評価した。

AccessibilityはMCの瘤内への誘導の容易さを評価したもので、マイクロガイドワイヤー(microguidewire;MG)の補助なしに1回で瘤内に誘導できたものをexcellent、MGの補助のもとで瘤内に誘導できたものをgood、瘤内に誘導できずに先端形状の形成し直しか、別のMCへの変更が必要だったものをfailureとした。PositioningはMC先端の動脈瘤内における位置を評価したもので、術前の意図通りの位置に来たものをgood、予期しない位置に来たものをpoorとした。Stabilityは術中にMCが逸脱したかどうかを評価したもので、逸脱がなかったものをstable、あったものをunstableとした。Complicationは本手法に関係する合併症の有無を評価した。他に、MCそのものの評価ではないが、塞栓術時に使用した補助技術があればそれも記載した。具体的にはコイルの逸脱を防ぐためのステントの併用等である。

結 果

動脈瘤の内訳は内頸動脈瘤8例、前交通動脈瘤4例、中大脳動脈瘤1例、脳底動脈瘤1例で、平均サイズは 6.1 ± 2.8 mmであった。14例のうち10例で、MGによる誘導なしに1回の試行でMCを動脈瘤内の至適位置に誘導することが可能であった。2例で、MGを補助で使用した2回目の試行で動脈瘤内の目的位置へ誘導できた。Failureと判断したうちの1例は、本手法で作成したマンドレルをさらに強く曲げてMCを再形成した結果、MGの先導なしに動脈瘤内に誘導することができた。誘導不可能であった残りの1例は、鋭角に曲がる形状への再形成が困難で別のMCを利用して手術を行った。

本手法で形成されたMCを使用した13例の動脈瘤で、術中に動脈瘤に留置されたMCを位置や先端の形状を変更せずに使用することができた。また、本手法に起因する合併症は認めなかった。

考 察

MCの至適先端形状を事前に予測することが困難である理由は3点考えられる。第一に、動脈瘤とその母血管の複雑な三次元形状を把握することが困難であるという点。第二に、画像上あるいは3Dモデルで得られた血管の中のどの部位をMCが走行することが安定性と誘導性にとって至適かの予測が困難であるという点。最後に、MCの先端位置は動脈瘤の中心のわずかに近位が望ましいが、その位置の制御が困難であるという点である。我々はこれらの困難さの克服のため、光造形型3Dプリンタで作成した全く新しい中空血管モデルを用いた。これによりMC先端を三次元的に至適形状に形成することを実現し、MCの誘導性、安定性、安全性についても良好な結果が得られた。

結 論

光造形型3Dプリンタを使用して動脈瘤とその母血管の中空モデルを作成し、動脈瘤部の先端の穴からマンドレルを血流と逆行性に挿入することにより、安全で安定したMCを形成する新しい手法を開発した。この方法により、経験の浅い術者でも比較的安全に手術を遂行することができ、また経験豊富な術者にとっても術中リスクを低減させることによって心理的負担を減らすことができるようになると言える。