

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：12602

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25462208

研究課題名(和文) シリコン血管モデルによる脳血管内治療トレーニングシステムの開発

研究課題名(英文) Development of endovascular treatment simulation system with silicone brain vessel model.

研究代表者

根本 繁(Nemoto, Shigeru)

東京医科歯科大学・医歯(薬)学総合研究科・教授

研究者番号：20228290

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：開頭手術を行わずにカテーテルで治療する脳血管内治療は従来の開頭手術では治療困難な脳血管疾患を治療可能にした。日進月歩の非常に繊細な技術を習得するためのシミュレーションシステム開発に取り組んだ。3Dプリンター技術を用いて人体の脳血管画像からプラスチック模型を作成し、それにシリコン樹脂を塗布して脳血管模型を作成した。これを人体全身血管モデルに結合させてシミュレーションモデルを完成させた。このモデルを用いて実際の治療とほぼ同等の操作が可能となり、治療技術の習得に非常に有用であることが判明した。

研究成果の概要(英文)：Neuroendovascular therapy has been developed to treat difficult cerebrovascular disease using catheter which is a small tube without open surgery. Simulation system was necessary to learn a refined technique. We undertook to establish such system. With 3D printing technique human brain vessel model was made. This model was connected to the systemic vascular model and simulation system was completed. Using our simulation system real endovascular treatment is experienced. To learn an advanced treatment technique and to avoid complications, our system proved very valuable.

研究分野：脳神経外科

キーワード：脳血管内治療 脳血管障害 脳神経外科 シミュレーションモデル

1. 研究開始当初の背景

脳血管内治療は開頭手術を行わずに治療困難な疾患を治療できる画期的治療法として導入され、短期間に目覚ましい発展をとげている。高度に開発された治療機材と非常に繊細な技術を必要としており、その技術を習得することは容易ではない。劇的な治療効果が得られる一方、治療のリスクも低くはなく、治療効果を上げるだけでなく、医療安全の面からいかに合併症の少ない安全な医療を提供するかが課題となっていた。その問題解決のために、治療技術訓練用シミュレーションシステム開発は喫緊の課題であった。その開発にあたり、ミニブタを使った動物実験モデルを作成し、治療訓練を実験したところ訓練効果が得られることが判明した。しかしながらこのモデルは動物を使用するモデルであるために使用可能な環境が制限されるという問題点があった。そこで動物を用いないシリコンモデルによるシミュレーションシステムであれば使用環境が制限されないという利点があると考えられ、新たなシステム作成に取りかかることになった。

2. 研究の目的

脳血管内治療は従来の開頭手術では治療困難な疾患に対する新しい治療法として開発されたが、非常に繊細な手技を要するために治療技術習得が臨床上の大きな課題となっていた。実際の手術を経験することにより技術を習得するが、高度な手技はリスクも伴うため、医療安全の点からは問題となっている。そこで実際の治療と同様の環境下でのシミュレーションシステム作成が必要となった。シミュレーションシステムでは、まず初級者に基本手技を習得させることが第一の目的である。次に日進月歩の技術の進歩があり、新しく開発された機材、手技を熟練者でも絶えずブラッシュアップする必要があり、そのためのシステム作りも重要な課題である。ヒトの脳血管と同等のモデルで、全身の血管モデルを備えた、動物を用いない拍動流の循環環境を有するX線透視下に実際の治療と同等の操作が可能となるトレーニングシステムを完成させることが本研究の主目的である。

3. 研究の方法

実際の患者さんの3D脳血管撮影画像のスライスデータを患者個人情報を除いて、3次元画像作成ソフトウェアに取り込み、STLファイルに変換したものを3DプリンターにアップロードしてABS樹脂で脳血管モデルを作成した。このモデルを表面加工し、シリコンポリマーを塗布して重合させた後、ABS樹脂を有機溶剤で溶解し、中空構造の脳血管モデルを作成した。大動脈 - 総頸動脈モデルは業者に作成依頼したものを全身血管モデルとした。1分間200ml拍動数80回のポンプを作成し、恒温槽を一定の温度に保つ閉鎖回路を作成した。脳血管モデルを全身血管モデルに結合し、拍動流の循環環境を有する脳血管

モデルが完成した。脳血管内治療ではマイクロカテーテルを脳血管へ誘導することが基本手技である。実際の治療で使用するシースイントロデューサー、ガイディングカテーテル、ガイドワイヤー、生理食塩水加圧灌流回路、マイクロカテーテル、マイクロガイドワイヤーを組み立てて脳血管へのカテーテル挿入手技を習得させる。次に各疾患モデルを作成した。脳塞栓症にモデル作成には人工血栓が必要であった。ブタの血液を凝固剤で凝固させた血栓を用いた実験報告があるが、材料供給に問題があり、衛生面からも問題がある。スライムやスポンジなどを用いた報告があるが、これらはいずれも実際の塞栓症で認められる血栓とは硬度の点で大きな相違があり、本研究には不適格であった。多糖類に増粘剤、凝固剤を加えて実際の血栓に近い人工血栓を作成することができた。脳血管モデルに人工血栓を注入して中大脳動脈閉塞モデルを作成した。この閉塞モデルを用いてX線透視下にマイクロカテーテルを閉塞した中大脳動脈に進め、血栓回収用ステントリトリバーを挿入し、血栓を回収する操作を実践した。次の疾患モデルは脳動脈瘤であった。脳動脈瘤の患者さんの3次元血管撮影画像を同様に個人情報を除いた後、スライスデータをSTLファイルに変換し、3Dプリンターにアップロードして脳動脈瘤モデルを作成し、rapid prototyping法により脳動脈瘤モデルを完成させた。脳動脈瘤の血管内治療では、脳動脈瘤内へのカテーテル誘導が最も重要な操作であり、操作だけでなくカテーテル先端形状加工も実践する。こうした脳血管内治療の基本操作、血栓回収術、脳動脈瘤コイル塞栓術の訓練、技術習得の有用性を検討した。

4. 研究成果

脳血管へマイクロカテーテルを進めることが脳血管内治療の基本手技であり、実際に治療に用いるカテーテルをX線透視下に挿入して目的とする脳血管へ進める訓練を行った。初期研修医が本システムで脳血管内治療の基本手技習得することが可能となった。脳動脈瘤治療ではマイクロカテーテルを脳動脈瘤内へ誘導することが治療上必須の手技であるが、専門医にとっても時には困難な症例に遭遇する。本システムで困難例と同じモデルを作成し、動脈瘤内へのマイクロカテーテル誘導が正確かつ安全に実施できるようになった。本システムで脳血管内治療の基本手技と血栓回収術、脳動脈瘤コイル塞栓術を実際の医療機材を用いてX線透視下という実際の治療と同等の環境で体験することが可能となり、初級者のみならず経験者にとっても技術獲得のために非常に有用であることが判明した。今後本システムを更に洗練されたものにレベルアップさせ、他の脳血管疾患モデルを作成することができれば、より幅広い脳血管内治療訓練用シミュレーションシステムが完成できる。最先端の医療技術を

習得するための訓練システムだけでなく、現在の技術を更に発展させ、新たな治療機材デバイスを開発するための道が開かれ、医療の向上と医療安全に大きく貢献できると期待される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

Namba K, Higaki A, Kaneko N, Mashiko T, Nemoto S, Watanabe E: Micricatheter shaping for intracranial aneurysm coiling using the 3-Dimensional printing rapid prototyping technology: Preliminary results in the 10 first consecutive cases. World Neurosurgery 84:178-186, 2015 査読有

[学会発表](計7件)

(1) Shigeru Nemoto: Characteristics of stent retriever on removing clot - bench test using artificial clot and endovascular simulation system. 12th Asian Australian Federation of Interventional and Therapeutic Neuroradiology 2016年3月24日 Bali, Indonesia

(2) 根本 繁, 芳村雅隆, 吉野義一, 三木一徳, 唐鎌 淳, 難波克成, 金子直樹, 益子敏明, 渡辺英寿: 急性期脳塞栓症に対する血栓回収術 - シリコンモデルと人工血栓を用いた脳血管内シミュレーションの有用性 - 第2回日本心血管脳卒中学会. 2015年6月12日徳島県徳島市 ホテルクレメント

(3) 根本 繁, 芳村雅隆, 吉野義一, 三木一徳, 唐鎌 淳, 難波克成, 金子直樹, 益子敏明, 渡辺英寿: 血栓回収術の問題点を解明する - 脳血管モデルと人工血栓によるシミュレーションシステムによる実験結果からの考察 - 第31回日本脳神経血管内治療学会 2015年11月21日岡山県岡山市ホテルグランヴィア

(4) Shigeru Nemoto: Artificial clot and endovascular training model of clot removal for acute embolic stroke. The 13th congress of World Federation of Interventional and Therapeutic Neuroradiology. 2015年11月9日 Gold Coast, Australia

(5) 根本 繁: 脳血管内治療の最前線. 第56回日本脈管学会 2015年10月30日東京虎ノ門ヒルズ

(6) 根本 繁, 芳村雅隆, 吉野義一, 三木

一徳, 唐鎌 淳, 難波克成, 金子直樹, 益子敏明, 渡辺英寿: 人工血栓の開発と急性期血栓回収術シミュレーションの意義 - 急性期血行再建術にシミュレーションは有用か - 第74回日本脳神経外科学会 2015年10月15日北海道札幌市 ホテルロイトン

(7) Shigeru Nemoto: Endovascular simulation system of acute clot retrieving with the silicone vascular model and artificial clot. European Society of Neuroradiology. 2015年9月17日 Napoli, Italy

[図書](計 件)

[産業財産権]
出願状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

根本 繁 (NEMOTO, Shigeru)
東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科血管内治療学分野・教授
研究者番号: 20228290

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

難波 克成 (NAMBA, Katsunari)
自治医科大学・血管内治療センター脳血管内治療部・教授
研究者番号: 10508740

金子 直樹 (KANEKO, Naoki)

自治医科大学・脳神経外科・助教
研究者番号：10741712

益子 敏明 (MASHIKO, Toshiaki)
自治医科大学・脳神経外科・准教授
研究者番号：90275701

渡辺 英寿 (WATANABE, Eiju)
自治医科大学・脳神経外科・教授
研究者番号：50150272

吉野 義一 (YOSHINO, Yoshikazu)
東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究
科血管内治療学分野・講師
研究者番号：70323681

三木 一徳 (MIKI, Kazunori)
東京医科歯科大学・大学院医歯学総合研究科
血管内治療学分野・助教
研究者番号：00536823