

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 10日現在

機関番号：12602

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22591598

研究課題名（和文） ブタを用いた脳血管内治療トレーニングプログラムの開発

研究課題名（英文） Training system for neuroendovascular surgery using swine model

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・教授

研究者番号：20228290

研究成果の概要（和文）：脳血管内治療は開頭手術を行わずにカテーテルを用いた遠隔操作による治療であるため低侵襲の治療法として急速に普及し、脳血管障害の治療では重要な役割を果たしている。但し微細な機材を使用し非常に繊細な操作を必要とするため、治療のリスクも低くなく、高度な治療技術を習得して安全な医療サービスを提供することが求められているにも関わらず、日常臨床では治療手技の習得は困難な状況におかれ、安全かつ有効な血管内治療トレーニング法の開発が求められている。動物を用いた治療訓練モデルが導入され、ブタの頸動脈に顕微鏡下に動脈瘤を作成して訓練に用いてきたが、準備に要する時間と労力が相当な負担となり、訓練モデルとして現実的ではないことが判明した。そこで、ブタの頸動脈にシリコン製の血管モデルを結合する hybrid な virtual 脳循環モデルを作成し、血管内治療が可能なトレーニングモデルを作成した。このモデルでは大腿動脈からシースを挿入し、X線透視下にガイディングカテーテルを総頸動脈に進め、更にマイクロカテーテルをシリコン血管モデルに誘導する血管内治療の基本操作がすべて実践することができた。特に脳動脈瘤モデルではコイル塞栓術は実際の治療とほぼ同等の条件で技術訓練が可能となった。また同じコイルを何度も出し入れすることができ、異なったコイルを入れ変えることでコイルの特性を実感することができるという点では実際の治療よりも訓練の点では優れていると言える。さらに訓練中の放射線照射時間だけでなく、検者および被検者の放射線被曝線量を実際に測定することにより、技術習得だけでなく、放射線被曝軽減にも効果があることが判明した。血管内治療の治療成績向上だけでなく、医療安全の点からも本システムは有用であると考えられた。本システムの有効性が強く示唆されたが、改善すべき問題もあり、さらなる研究開発が必要である。

研究成果の概要（英文）：Endovascular treatment has been introduced in the cerebrovascular disease and has made a remarkable progress because of less invasiveness compared with open neurosurgery. Because very delicate devices are used and very fine technique is required in this treatment, risk of this treatment proved to be not so low as initially expected. Though very high quality of medical services is demanded, to learn advanced technique is difficult in clinical practice for young physicians. Therefore proper training method has been requested. Initially aneurysm model was made on the swine carotid artery using microsurgery technique for endovascular training. It was a time consuming procedure to make this model. Modified training system using silicone vessel model connected with swine carotid artery was established for neuro-intervention training. Inserting the sheath introducer, cannulating a guiding catheter, navigating a microcatheter into the aneurysm and finally inserting the coils within the aneurysm, all the procedures are performed under fluoroscopic control. Almost same experience as real endovascular surgery is obtained with this so-called hybrid silicone-swine model. Measurement of radiation exposure during the procedures showed shorter radiation time and less radiation dose in expert operator compared with beginner. This suggests that training should have some effect on radiation protection health care. This system is useful not only in learning endovascular technique but also in decreasing radiation exposure. There are still some

problems to be resolved. Further development should be undertaken.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：脳神経外科

科研費の分科・細目：脳血管内外科

キーワード：脳血管内治療 脳動脈瘤 トレーニングモデル

### 1. 研究開始当初の背景

脳血管内治療は血管撮影技術と医療材料工学の進歩と共に急速に発展し、低侵襲の治療法として脳血管障害の治療では重要な役割を果たすようになった。非常に微細な機材を使用し、カテーテルを用いた遠隔操作で脳内の病変を治療するため繊細な技術を要し、治療のリスクも相当高いことが判明している。より高い技術とより安全な医療レベルが重要視され、脳血管内治療専門医制度も導入され、トレーニングシステム開発の必要性が高く認識されるようになってきた。

カテーテル操作については通常の脳血管撮影検査で基本動作を学ぶことはできるが、脳内にカテーテルを挿入して目的とする血管に誘導する技術は検査だけでは習得することは難しく、またコンピューター上で専用のソフトウェアを用いた virtual surgery として機材を用いた訓練法が開発されており、初心者の教育的有意義はあるが実際の手技とはかけ離れており、繊細な技術習得するには至らない。そこで比較的大きな動物の血管モデルでX線透視下にカテーテルを操作することが現時点では技術習得に最も有用であろうと考えられた。

自治医科大学では従来の動物実験センターで実施していた実験を、内視鏡手術、血管内手術の訓練が可能なピッグセンターが先端医療研究センターの一つとして設立され、血管外科医、獣医師、放射線科技師、動物手術支援技師を備えており、実験用に開発されたミニブタを全身麻酔下で治療訓練可能な体制は本研究に最適な環境であった。主任研究者の前任地であり、共同研究者は自治医科大学の教官であり、本研究の遂行可能な条件が整っていた。

### 2. 研究の目的

どのようなトレーニングシステムが構築可

能であるか、そしてトレーニングによりどのような有用性があるか検討することが本研究の課題として取り上げられた。

①脳血管内治療トレーニングシステムとして使用可能なモデル作成

システムには以下の条件を満たす必要がある。

- ・大腿動脈から穿刺可能な血管モデルである。
- ・血液拍動流の状態のカテーテル操作する。
- ・全身麻酔下でX線透視下で操作する。
- ・大腿動脈から頸動脈にカニューレレーションできる。
- ・動脈瘤モデルを作成する。
- ・頸動脈狭窄モデルを作成する。

②モデル作成後の訓練方法の評価

脳血管内治療専門医と非専門医による治療手技実施して、有用性を検討する。

### 3. 研究の方法

脳血管内治療訓練システムとしてミニブタを用いた血管モデルを作成しトレーニングシステムを開発することに着手した。

①ブタ大腿動脈へのカニューレレーション

ブタの解剖学的特徴から鼠頸部の穿刺は容易ではなく、大腿動脈へのカニューレレーションは時に長時間を要する。表層の浅大腿動脈を穿刺して大腿動脈にシースを挿入することが可能であり、従来の穿刺法よりは容易で簡便であった。

②シリコン動脈瘤モデル作成

これまでに実施したトレーニングモデルでは、手術用顕微鏡下にブタの頸動脈に静脈を吻合して動脈瘤を作成し、コイル挿入には有用であったが、モデル作成に相当な時間を要するため、トレーニングモデルとして普及させることが困難と判断された。そこで生体動脈に近い柔軟で弾力性に富んだ特殊なシリコン血管をブタの頸動脈に結合することで

煩雑なブタ動脈瘤作成を回避できることが判明した。次にシリコン血管に実際の動脈瘤に近い形状のモデル作成には生体脳動脈からレプリカを作成して脳血管モデルを作成している専門業者に動脈瘤血管モデルを作成委託した。

#### ③シリコンモデルとブタ頸動脈との結合

このシリコン製動脈瘤モデルをブタ頸動脈に結合したが、モデルの両端を動脈に結合すると血管抵抗が大きいため血流停滞が起こりモデル内閉塞が起こった。そこで反対側を静脈に結合することで血管抵抗を下げた十分な循環を維持できることが判明した。X線透視下に大腿動脈経路でカテーテルを動脈瘤内に誘導すると実際の動脈瘤にカテーテルを進める技術とほぼ同等の実験をすることが可能となった。

#### ④頸動脈狭窄モデル作成

ブタ総頸動脈壁に高分子化合物の粘性液体を注入してに壁の膨張・肥厚により頸動脈狭窄モデルを作成を目標とした。これにより頸動脈ステント留置術の治療手技を習得する。

⑤トレーニング手技中の放射線被曝線量を測定し、技術習得度と透視放射線被曝の関係进行调查する。

#### 4. 研究成果

①本システムでは大腿動脈穿刺法を改良したことにより準備時間がおおよそ1時間短縮することができた。

②③特殊シリコンによる血管モデルは生体動脈に近い形状で、ブタの頸動脈と結合することにより血管モデルで拍動が認められ、実際の頸動脈の動脈瘤モデルと同等の血管性状を有していると考えられた。大腿動脈に留置したシースイントロデューサーからガイディングカテーテルを総頸動脈に誘導し、さらにマイクロカテーテルをガイディングカテーテル内に挿入して総頸動脈からシリコン動脈瘤内へのカテーテル誘導操作は実際の脳血管内治療と同等のカテーテル操作技術を習得することが可能であった。動脈瘤内へのカテーテル留置後にプラチナコイルを動脈瘤内へ挿入する操作は、動脈瘤コイル塞栓術をほぼ同等の手技であった。実際の症例ではコイルを何度も挿入したり、他のコイルを入れ替えて違いを経験することは医療安全の点からは許されないが、本モデルではそれが可能であり、同じコイルを何度も挿入することでコイルの特性が把握でき、さらに異なったコイルの特性の違いを実験することが可能であることは実際の治療より多くのことが体験できる点で非常に優れている。脳血管内治療のトレーニングシステムとしては非常に有用であることが判明した。

④頸動脈狭窄モデルは血管壁への薬物注入が技術的に安定した効果を得ることが難しく、生体動脈に狭窄を作る手技は実際の使用

には問題があり、改善が必要と考えられた。⑤技術習得度と透視時間、放射線被曝線量には相関がみられ、技術を習得することが放射線被曝軽減につながると考えられ、本システムは患者および医療従事者の放射線被曝軽減にも有用である。今後このモデルを更に改良発展させることは医療技術訓練のみならず医療安全の向上に必須であると考えられる。

#### 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3件)

1. 根本 繁: コイル塞栓術のデバイス—合併症なく使いこなすコツとピットフォール—脳神経外科ジャーナル査読有 19(7):526-533, 2010
2. Namba K, Nemoto S: Swine hybrid aneurysm model for endovascular surgery training. *Interventional Neuroradiology* 査読有(in press)
3. Namba K, Nemoto S: Percutaneous medial saphenous artery approach for swine central artery access. *Journal of Investigative Surgery* 査読有(in press)

[学会発表] (計2件)

1. 河村 洋介, 難波 克成, 根本 繁, 渡辺英寿: ブタを用いて作成した総頸動脈血管狭窄モデル. 第27回日本脳神経血管内治療学会学術総会 2011年11月25日 千葉
2. 根本 繁, 東森俊樹, 吉野義一, 三木一徳, 有村公一, 井上雅人, 難波 克成, 庄島正明, 眞尾恭市: 脳動脈瘤血管内治療のためのトレーニングモデル作成. 第28回日本脳神経血管内治療学会 2012年11月17日(土) 仙台

[図書] (計 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0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0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血管内治療学分  
野・教授

研究者番号：20228290

### (2) 研究分担者

難波克成 (NAMBA KATSUNARI)

自治医科大学血管内治療部・准教授

研究者番号：10508740