

**JOSÉ AUGUSTO MALHEIROS DOS SANTOS FILHO**

**PLACENTA HUMANA COMO MODELO DE TREINAMENTO PARA CIRURGIAS  
DE ANEURISMAS CEREBRAIS**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE MEDICINA  
BELO HORIZONTE, MG  
2015**

**JOSÉ AUGUSTO MALHEIROS DOS SANTOS FILHO**

**PLACENTA HUMANA COMO MODELO DE TREINAMENTO PARA CIRURGIAS  
DE ANEURISMAS CEREBRAIS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Aplicadas à Cirurgia e à Oftalmologia, da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Doutor em Medicina.

Área de Concentração: Técnica Cirúrgica

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Magaldi de Oliveira

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE MEDICINA  
BELO HORIZONTE, MG  
2015**

Malheiros, José Augusto.  
M249p Placenta Humana como modelo de treinamento para cirurgias  
de Aneurismas Cerebrais [manuscrito]. / José Augusto Malheiros.  
- - Belo Horizonte: 2015.  
57f.: il.  
Orientador (a): Marcelo Magaldi de Oliveira.  
Área de concentração: Técnica Cirúrgica.  
Tese (doutorado): Universidade Federal de Minas Gerais,  
Faculdade de Medicina.

1. Aneurisma Intracraniano. 2. Placenta. 3. Neurocirurgia. 4.  
Simulação. 5. Dissertações Acadêmicas. I. Oliveira, Marcelo Magaldi  
de. II. Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Medicina.  
III. Título

NLM: WL 368

## UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

### **Reitor**

Prof. Dr. Jaime Arturo Ramírez

### **Vice-Reitora**

Profa. Dra. Sandra Regina Goulart Almeida

### **Pró-Reitor de Pós-graduação**

Prof. Dr. Rodrigo Antônio de Paiva Duarte

### **Diretor da Faculdade de Medicina**

Prof. Dr. Tarcizo Afonso Nunes

### **Vice-Diretor da Faculdade de Medicina**

Prof. Dr. Humberto José Alves

### **Coordenadora do Centro de Pós-Graduação**

Profa. Dra. Sandhi Maria Barreto

### **Subcoordenadora do Centro de Pós-Graduação**

Prof. Dra. Ana Cristina Cortes

### **Chefe do Departamento de Cirurgia**

Prof. Dr. Renato Santiago Gomez

### **Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Cirurgia em Ciências aplicadas à Cirurgia e à Oftalmologia**

Prof. Dr. José Renan da Cunha Melo

### **Pró-Reitor de Pós-Graduação**

Prof. Dr. Rodrigo Antônio de Paiva Duarte

### **Pró-Reitora de Pesquisa**

Profa. Dra. Adelina Martha dos Reis

**Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Cirurgia em Ciências aplicadas  
à Cirurgia e à Oftalmologia**

Prof. Dr. José Renan da Cunha Melo

Prof. Dr. Marcelo Dias Sanches

Prof. Dr. Alcino Lázaro da Silva

Profa. Dra. Ivana Durval de Araújo

Prof. Dr. Márcio Bittar Nehemy

Prof. Dr. Renato Santiago Gomez

Sumara Marques Barra – Representante Discente

*Que nada vos perturbe, que nada vos aflija, que nada vos assuste!*  
*Tudo passa: a dor e a alegria. Só Deus Permanece.*  
*(Beato Padre Eustáquio) "Saúde e Paz".*

*Aos avós: Senhores Josés e Donas Marias.*

*Ao meu pai, pela história...*

*À Sofia, prima querida, que nos faz tanta falta todos os dias.*

*Para as mulheres e amores da minha vida: Leticia (Pé), Patrícia (Riu), Juliana (Gatinha),*

*Bruna, Paula, Raquel... sempre pedirei desculpas por minha ausência.*

*E para Graça: pai, mãe, sul e norte da minha vida...*

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Dr. Sebastião Gusmão que, dentre tantos feitos na neurocirurgia, criou e disponibilizou o laboratório de microcirurgia e neuroanatomia na Faculdade de Medicina da UFMG, onde conseguimos criar e desenvolver o presente estudo.

Ao professor Dr. Marcelo Magaldi, sujeito principal e idealizador deste plano de excelência no treinamento em neurocirurgia, pela orientação na vida profissional e nesta tese.

Aos acadêmicos do laboratório, hoje residentes: Arthur Nicolato, Marciléa, João Godinho e André, que fizeram a rotina do laboratório nestes anos e foram essenciais na realização deste projeto.



## RESUMO

Modelos de treinamento microcirúrgico têm sido descritos como parte da prática neurocirúrgica e formação de residentes. A necessidade de treinamento antes da cirurgia, notadamente nos aneurismas cerebrais, é considerada mandatória em vários países. A placenta humana, pela rica malha vascular, pode ter potencial no desenvolvimento de exercícios para treinamento da cirurgia neurovascular. Os objetivos do presente estudo foram: 1) identificar e medir todos os vasos placentários e correlacioná-los com a vascularização cerebral e 2) desenvolver modelo de cirurgia de aneurisma cerebral para treinamento microcirúrgico. Na primeira parte do trabalho, foram preparadas 10 placentas. Após a cateterização do cordão umbilical, os vasos placentários foram lavados (com salina isotônica sob 70-90 mmHg de pressão) para limpeza do lúmen vascular. Posteriormente, procedeu-se a mensuração dos vasos utilizando paquímetro digital. Os vasos foram corados com silicone, nas cores vermelha para as artérias e azul para a veia umbilical, para dupla checagem e entendimento anatômico da malha vascular. Os diâmetros mensurados foram confrontados com os diâmetros dos principais vasos cerebrais. A segunda parte do estudo incluiu a criação de aneurismas e exercícios para prática da neurocirurgia vascular a partir de 40 placentas. RESULTADOS: Na primeira parte do estudo, foram medidos os vasos de 10 placentas: 197 vasos arteriais e 17 vasos venosos, totalizando 214 vasos placentários. Comparando o calibre dos vasos placentários e das principais artérias cerebrais, verificou-se que as medidas dos vasos placentários equivalem aos vasos cerebrais. Na segunda parte do estudo, 38 das 40 placentas foram consideradas adequadas para a criação de aneurismas. Os aneurismas, foram facilmente construídos em vasos entre 2 e 10 mm de diâmetro. Todos os vasos manipulados permaneceram com lúmen pérvio. Cada placenta

permitiu a criação de 10 a 20 aneurismas (colo largo ou estreito). Em relação às medidas dos aneurismas: o colo dos aneurismas variou de 2-15 mm; o dome, entre 1-5 mm. A placenta humana, pela rica malha vascular, permitiu a criação de diversos tamanhos de aneurismas, similares aos encontrados na prática neurocirúrgica. Os exercícios incluíam a simulação de dissecação da fissura de Sylvius, clipagem de aneurisma, ruptura de aneurisma, clipagem e *wrapping*. CONCLUSÃO: A vascularização placentária é rica e coincide com as medidas das principais artérias cerebrais. A placenta humana oferece condições para a construção de modelo de treinamento microcirúrgico, para cirurgias de aneurismas cerebrais.

**Palavras-chave:** Aneurisma cerebral. Placenta humana. Treinamento microcirúrgico. Simulação cirúrgica.

## **ABSTRACT**

Neurosurgery is a demanding specialty that involves many microsurgical procedures with complex skills, including open surgical treatment of intracranial aneurysms. Surgical simulators may be useful for acquiring these skills before trainees perform surgery on human patients. Among several models human placenta is one of the best choices. **OBJECTIVE:** 1) identify and measure the human placenta vessels to correlate with main brain arteries. 2) describe a human placenta model for the creation and clipping of brain aneurysms. **METHODS:** First part: 10 human placentas were prepared for its vessels measurement and correlation with brain vessels. Normal saline was injected into the placenta vein and two arteries with flow pressure between 70 and 90mmHg to remove all clots from the vessels. The vessels were measured with digital paquimeter and double checked after silicon stain colored injection. All the brain arteries have the same diameter of the placenta vessels. Second part: placenta vessels from 40 human placentas that were dimensionally comparable to the sizes of appropriate cerebral vessels were isolated to create aneurysms of different shapes. The placentas were then prepared for vascular microsurgery exercises. Sylvian fissure-like dissection technique and clipping of large- and small-necked aneurysms were practiced on human placentas with and without pulsatile flow. A surgical field designed to resemble a real craniotomy was reproduced in the model. **RESULTS:** The human placenta has a plethora of vessels that are of the proper dimensions to allow the creation of aneurysms with dome and neck dimensions similar to those of human saccular and fusiform cerebral aneurysms. These anatomic scenarios allowed aneurysm inspection, manipulation,

and clipping practice. Technical micro- surgical procedures include simulation of sylvian fissure dissection, unruptured aneurysm clipping, ruptured aneurysm clipping, and wrapping; all were reproduced with high fidelity to the haptics of live human surgery. CONCLUSION: 1) Human placenta vessels are similar to brain arteries. 2) Human placenta provides an inexpensive, widely available, convenient biological tissue that can be used to create models of cerebral aneurysms of different morphologies.

**Keywords:** Brain aneurysm. Human placenta. Microneurosurgery. Simulation model. Training.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Vasculatura placentária e medida dos vasos .....	24
Figura 2 – Vasos placentários .....	24
Figura 3 – Definição do RP para sistematizar a anatomia placentária .....	27
Figura 4 – Nomeação das artérias placentárias .....	28
Figura 5 – Nomeação das veias placentárias.....	28
Figura 6 – Sistema vascular placentário e zonas de trabalho .....	29
Figura 7 – Estação para treinamento microvascular .....	30
Figura 8 – Criação de aneurisma de colo largo.....	31
Figura 9 – Criação de aneurisma de colo estreito .....	32
Figura 10 – Microdissecção e clipagem de aneurisma.....	34
Figura 11 – Simulação de microcirurgia vascular cerebral .....	36
Gráfico 1 – Ilustração dos intervalos de 95% das observações para os vasos placentários.....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Medidas descritivas e intervalos de 95% de confiança para a média e observações para o calibre dos vasos arteriais e venosos .....	37
Tabela 2 – Vantagens e desvantagens dos diferentes modelos de aneurisma cerebral para treinamento microcirúrgico .....	44

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

cm	Centímetros
HCl	Ácido Clorídrico
ml	Mililitros
mm	Milímetros
mmHg	Milímetros de Mercúrio
RP	Ponto de Referência
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>21</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
4.1 Cálculo da amostra .....	25
4.2 Preparação e medida dos vasos placentários.....	25
4.3 Modelo de aneurisma cerebral.....	30
4.4 Exercícios para treinamento microvascular neurocirúrgico .....	33
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>
5.1 Medidas dos vasos placentários .....	37
5.2 Modelo de aneurisma cerebral.....	39
<b>6 DISCUSSÃO .....</b>	<b>40</b>
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXO A – Aprovação da Comissão de Ética em Pesquisa.....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO B – <i>Human placenta aneurysm model for training neurosurgeons in vascular microsurgery</i> (Artigo publicado na Revista Neurosurgery, Dec. 2014).....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXO C – <i>Test-Retest reliability validation of human placenta main vessels anatomical description to guide ex vivo neurosurgical simulation</i> (Artigo submetido. Em processo de revisão).....</b>	<b>57</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O primeiro programa de residência médica em cirurgia, no continente americano, surgiu em 1892 no Hospital Universitário Johns Hopkins, nos Estados Unidos. O princípio de treinamento cirúrgico proposto pelo então chefe e cirurgião geral, Willian Stewart Halsted (1852-1922), era: “veja um (procedimento cirúrgico), faça um e ensine um” (1, 2). Halsted, além de ter criado o primeiro programa de residência médica, impulsionou a técnica cirúrgica e os resultados das cirurgias ao usar antissepsia e anestesia geral.

O início da neurocirurgia, como especialidade médica cirúrgica, pode ser considerado na década de 1890, quando Victor Horsley (1857-1916) – então membro fundador da Sociedade Neurológica de Londres, criada em 1886, – realizou as primeiras intervenções neurocirúrgicas em Londres, com a exérese de tumor intrarraquiano por laminectomia e uma série de 43 operações de tumores cerebrais, dez fatais.

No continente americano, Harvey Cushing (1864-1939) iniciou a neurocirurgia ao aplicar, em Baltimore (EUA), os ensinamentos adquiridos com Horsley, em 1904. Walter Dandy (1886-1946), outro grande nome da história da neurocirurgia, introduziu novas técnicas, conceitos e exames complementares que impulsionaram o desenvolvimento da neurocirurgia no início do século XX.

Outro grande fato histórico na neurocirurgia, na segunda metade do século XX, foi o desenvolvimento da microneurocirurgia por Gazi Yasargil. Esta inovação causou impacto imediato nos resultados cirúrgicos, com a diminuição de morbidez e da

mortalidade. Por tais feitos, Harvey Cushing e Yasargil foram eleitos os “Homens do Século da Neurocirurgia”, pelo periódico *Neurosurgery* em 1999 (1).

Tal aprimoramento da técnica neurocirúrgica, associada à demanda crescente por melhores resultados, impactos éticos e legais e surgimento de instrumentais microscópicos específicos, provocaram mudança do princípio de Halsted para outro: fazer o maior número possível de procedimentos em simuladores, antes de realizá-los em paciente real (3,4).

Na prática neurocirúrgica, em decorrência da complexidade cirúrgica e das consequências catastróficas em caso de imperícia, tal simulação e treinamento são mandatórios. No caso da neurocirurgia vascular, em especial nas cirurgias de aneurisma cerebral, há ausência de simuladores fidedignos para o treinamento destes procedimentos (4).

Atualmente, as pesquisas em treinamento cirúrgico incentivam o uso de simuladores virtuais com transmissão de sensação tátil. Mas, tais simuladores não mimetizam o procedimento cirúrgico e as principais intercorrências, notadamente os sangramentos. Ainda não é possível reproduzir alguns passos da neurocirurgia convencional como, por exemplo, dissecação aracnóidea, dissecação microcirúrgica e exposição dos vasos cerebrais, além do elevado custo (7, 8).

O procedimento neurocirúrgico contém dois passos importantes: o acesso craniano e a microcirurgia intracraniana. Os modelos em cadáveres ou esqueletos conferem material adequado para treinamento dos acessos ao crânio, mas há escassez de modelos de treinamento para a prática microcirúrgica intracraniana (10).

Os modelos animais, utilizados na simulação neurocirúrgica, são de difícil aquisição e limitados a um ou dois vasos, exigem aparato e logística de biotérios e de clínicas veterinárias que restringem o uso (11, 12).

Portanto, é necessário o desenvolvimento e criação de modelos fidedignos à prática microcirúrgica neurovascular aberta, para abordagem dos aneurismas cerebrais (5, 7).

O uso da placenta, como modelo de treinamento para técnicas cirúrgicas diversas, surgiu em 1980, com McGregor (14). Em 1992, Ayoubi (15) publicou a semelhança dos vasos placentários com os vasos cerebrais e a possível utilização da placenta, como ferramenta para tratamento de técnicas microcirúrgicas em neurocirurgia, sem detalhamento estatístico ou anatômico.

A proposta do presente estudo foi desenvolver o modelo de treinamento cerebrovascular a partir da placenta humana, descrever a anatomia vascular placentária e propor exercícios de treinamento micro-neurocirúrgicos.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A placenta humana é um órgão temporário, formado durante a gestação a partir de tecido materno e fetal. A função e a estrutura vascular placentária são complexas. Ela nutre o feto com absorção de oxigênio e nutrientes provenientes do sangue materno; remove as excreções do feto; funciona como barreira imune; além de ser importante órgão endócrino. Todas as funções da placenta dependem de um desenvolvimento normal do sistema vascular placentário. A estrutura funcional da placenta é a vilosidade coriônica e possui três membranas: a camada de sincício-trofoblastos; a membrana vilosa do estroma e o endotélio dos vasos fetais (que separa o sangue materno do sangue fetal). A placenta é um órgão misto e apresenta uma superfície rugosa, desprovida de membranas na porção materna (em contato estreito com útero) e uma superfície lisa, com as membranas placentárias e cordão umbilical, que pode se inserir no tecido placentário em posição central ou periférica (13). A porção fetal é lisa e possui o cordão umbilical, sendo o local utilizado para os treinamentos. Tanto a malha vascular complexa quanto as delgadas membranas, presentes na superfície fetal, são estruturas que podem ser exploradas para treinamento cirúrgico.

O primeiro uso da placenta, como modelo de treinamento, foi publicado em 1980 por McGregor (14) para treinamento de técnicas cirúrgicas vasculares. Desde então, a placenta humana está sendo usada como modelo de treinamento, mas com poucas publicações do uso em neurocirurgia (15,26) e nunca havia sido explorada para treinamento de aneurismas.

Os aneurismas são estruturas saculares anormais que ocorrem principalmente nas bifurcações arteriais. Eles possuem paredes finas e podem se romper, causando hemorragias. No cérebro, a ruptura de um aneurisma causa a hemorragia subaracnóidea e é de extrema gravidade: 10% dos pacientes morrem antes de chegar ao hospital; 50% morrem em trinta dias; dos sobreviventes, apenas um terço apresenta boa recuperação neurológica (27).

Os aneurismas saculares, como o próprio nome indica, têm um formato sacular e correspondem entre 66% a 98% de todos os aneurismas intracranianos. A grande maioria dos aneurismas (85%) se localiza na circulação anterior e somente 15%, na circulação posterior (28).

A maioria dos aneurismas cerebrais surge na bifurcação de uma das principais artérias cerebrais. A circulação anterior do cérebro é formada a partir da artéria carótida interna e suas duas principais ramificações: artéria cerebral média e artéria cerebral anterior; a circulação posterior, formada a partir das artérias vertebrais, artéria basilar e artérias cerebrais posteriores. A principal localização é na artéria comunicante anterior (entre a primeira e segunda divisão da artéria cerebral anterior). Aneurismas da carótida interna e comunicante posterior compreendem cerca de 30% e os da cerebral média, 20%. Dos 15% que se originam da circulação posterior, a metade ocorre no topo da artéria basilar.

Como tratamento, além da exclusão do aneurisma da circulação (feito por clipagem microcirúrgica ou embolização), o paciente deve ser direcionado à uma unidade de terapia intensiva para controle de espasmos vasculares e manutenção da pressão intracraniana e da perfusão cerebral (27).

O tratamento cirúrgico aberto, com clipagem do aneurisma, é complexo e desafiador e exige mãos habilidosas e treinamento neurocirúrgico, para resultados com baixa morbidez.

### **3 OBJETIVOS**

1. Sistematizar medidas dos vasos placentários e correlacioná-las com os vasos cerebrais.
2. Apresentar modelo de aneurisma cerebral, para treinamento microcirúrgico vascular.

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo comitê de ética e pesquisa, da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), (ANEXO A), e do *Barrow Neurological Institute*, Phoenix, Estados Unidos

O trabalho foi desenvolvido no laboratório de Microcirurgia da Faculdade de Medicina da UFMG, no período de junho de 2012 a maio de 2015. O termo de consentimento da gestante, para a utilização da placenta, foi obtido na prática laboratorial. Após a análise patológica da placenta e certificação da ausência de doenças infecto contagiosas da gestante, a placenta (oriunda de parto a termo) era encaminhada ao laboratório para desenvolvimento do projeto.

### **PROJETO PILOTO**

Inicialmente, cinco placentas foram utilizadas para sistematizar a lavagem dos coágulos, avaliar a pressão de lavagem, a variabilidade vascular e treinar a injeção de silicone colorido nos vasos para calcular a amostra.

A placenta apresenta duas artérias e uma veia principais. Após o cateterismo do cordão umbilical (cateter vesical número 6 ou 8), conectou-se o manômetro com bolsa pressórica, para estabelecer a pressão ideal da lavagem dos vasos.

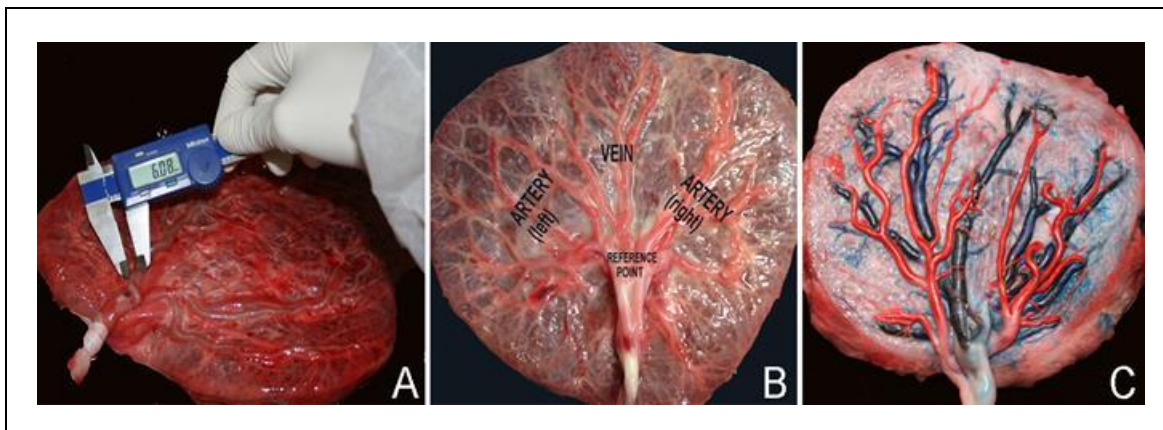
A pressão média nas artérias uterinas, no período gestacional, é de 70-90 mm Hg. A pressão nas artérias umbilicais é, aproximadamente, 50 mmHg e a pressão da veia umbilical, 20mm Hg (13).



Inicialmente, procedeu-se a lavagem da árvore placentária com solução salina isotônica, sob pressão 20% superior à pressão fisiológica arterial nas artérias umbilicais (60 mm Hg). A pressão utilizada não foi suficiente para lavar completamente os coágulos. Por isso, aumentou-se até a pressão fisiológica das artérias uterinas durante a gravidez, ou seja, 70-90 mm Hg, removendo os coágulos, sem lesar as paredes vasculares. Nos vasos placentários (veia e artérias) foram injetados solução salina a 0.9%, para mensuração do diâmetro dos vasos. As medidas foram feitas com paquímetro digital, erro 0,05mm (Missouri, Japan, 2008) (FIGURA 1A). Os valores obtidos, a partir das medidas do projeto piloto, foram usados também no resultado final do trabalho.

Com intuito de entender o sistema vascular placentário, esclarecer os detalhes da anatomia placentária e conferir, averiguar, confrontar duplamente os valores, as placentas foram preenchidas com solução corada de silicone (Dow Corning 3110 RTV Silicone Rubber e catalizador Daltocat 60N). A cor azul foi usada na veia umbilical e vermelha nas artérias umbilicais (FIGURA 1C). A placenta foi imersa em solução de ácido clorídrico (HCl) 40%, por 48h, e o sistema vascular extraído (FIGURA 2).

Figura 1 – Vasculatura placentária e medida dos vasos



Legenda:

A: Mensuração dos vasos com paquímetro digital.

B: Superfície da árvore placentária mostrando a posição da veia e das artérias em uma placenta com inserção central do cordão umbilical.

C: Superfície placentária após coloração com silicone nas artérias (vermelho) e veia (azul) em placenta com inserção periférica do cordão umbilical.

Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

Figura 2 – Vasos placentários



Fonte: Dados da pesquisa, 2011.

Nota:

1. Vasos placentários, após preparo com silicone corado e extração com ácido clorídrico.
2. Rica malha vascular e variabilidade do calibre dos vasos.

#### **4.1 Cálculo da amostra**

A partir dos valores obtidos no projeto piloto, foi feito o cálculo amostral, tendo por base o nível de significância 0,1%, poder do teste de 80%, desvio padrão de 1,18 e diferença a ser detectada entre as medidas de 1,1 mm. A referência principal de diâmetro foi o da artéria cerebral média de 3,9 mm (2,4 – 4,6 mm) e teste de hipótese bicaudal (para comparação e correlação entre os diâmetros dos vasos placentários e da artéria cerebral média). O resultado obtido foi em oito placentas, mas se utilizou dez para facilitar os cálculos e correlacionar os vasos placentários com os cerebrais.

Para descrever os vasos placentários, foram utilizadas as medidas de tendência central de dispersão e intervalos de 95% de confiança. A comparação dos vasos placentários, com os cerebrais, foi realizada por meio do teste *t*.

Para a preparação dos aneurismas foram separadas 40 placentas, de modo aleatório, tendo várias possibilidades e número acessível até a realização de todos os exercícios pretendidos.

#### **4.2 Preparação e medida dos vasos placentários**

A placenta possui duas artérias principais e uma veia que entram pelo cordão umbilical. O cordão umbilical pode ser central ou periférico, de acordo com a posição de entrada no parênquima placentário.

Após a cateterização do cordão umbilical (cateter vesical número 6 ou 8), procedeu-se lavagem dos vasos placentários com solução salina isotônica, durante 15

minutos, para remoção do sangue e coágulos. A pressão do fluxo de salina necessária para lavagem, deve ser entre 70 mm Hg e 90 mm Hg.

Para sistematizar as medidas e nomear os vasos placentários, definiu-se um Ponto de Referência (RP) e a posição da placenta. O RP foi escolhido como a intersecção do cordão umbilical e o tecido placentário. A inserção do cordão umbilical na placenta pode ser central ou periférica.

A veia umbilical foi reparada a partir do cordão umbilical e injetado 20 ml de solução salina corada<sup>1</sup>. Diluição: uma colher de 5 g para cada litro de solução salina.

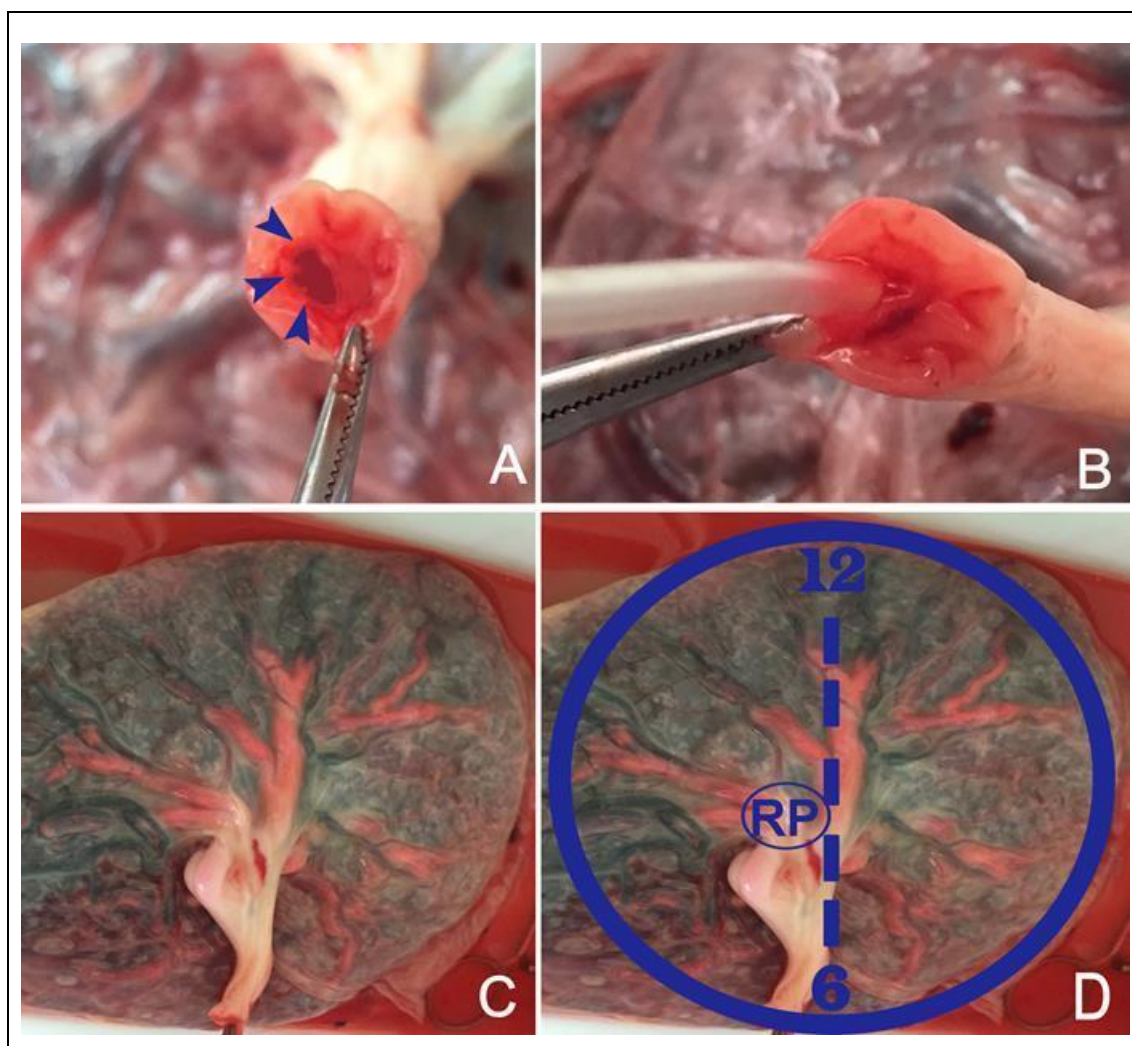
A placenta foi comparada a um relógio. O tronco principal da veia se referiu a posição de 12h. O cordão umbilical, colocado em continuidade ao tronco da veia umbilical, formou a posição de 6h (FIGURA 3).

Após o posicionamento da placenta e definição do eixo longitudinal, a partir do tronco principal da veia placentária, as artérias foram nomeadas em direita e esquerda.

---

<sup>1</sup> Corante a base de água. Fabricante: Tintas Coral, Brasil 2013.

Figura 3 – Definição do RP para sistematizar a anatomia placentária



Legenda:

A: identificação da veia umbilical no cordão umbilical (setas azuis).

B: Canulação da veia placentária.

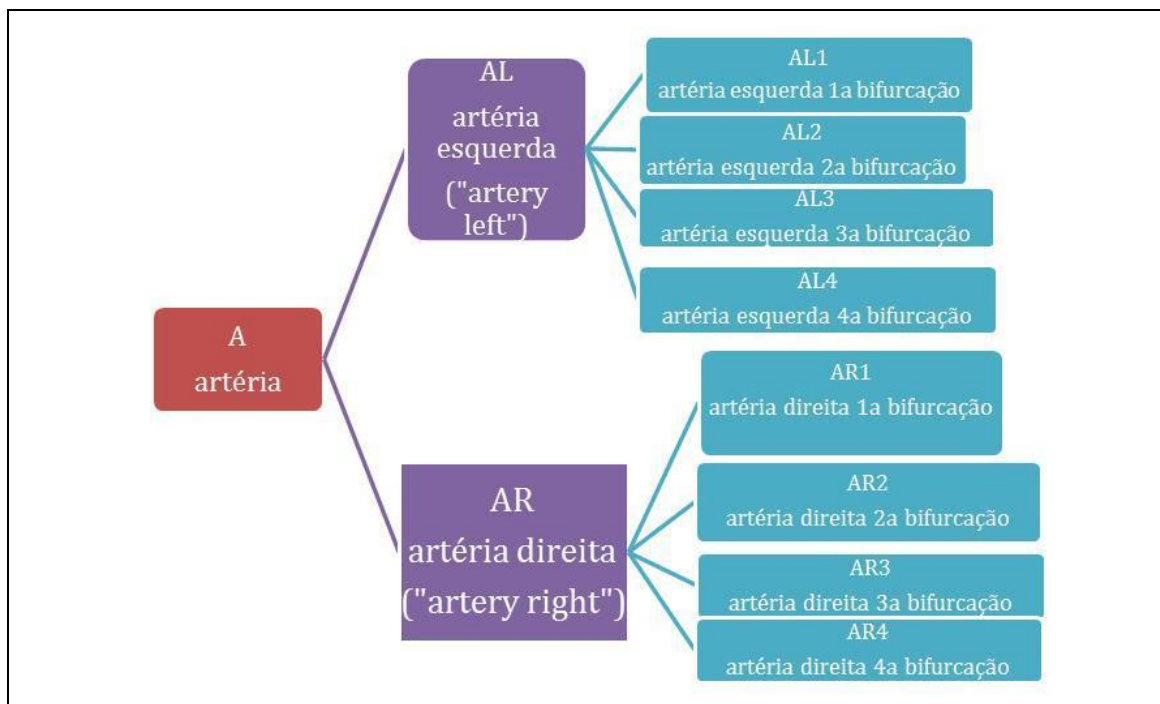
C: Superfície placentária após injeção de solução salina corada (note a posição central de inserção do cordão umbilical).

D: Ponto de Referência (RP) e da posição do “relógio” para nomeação e medida dos vasos.

Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

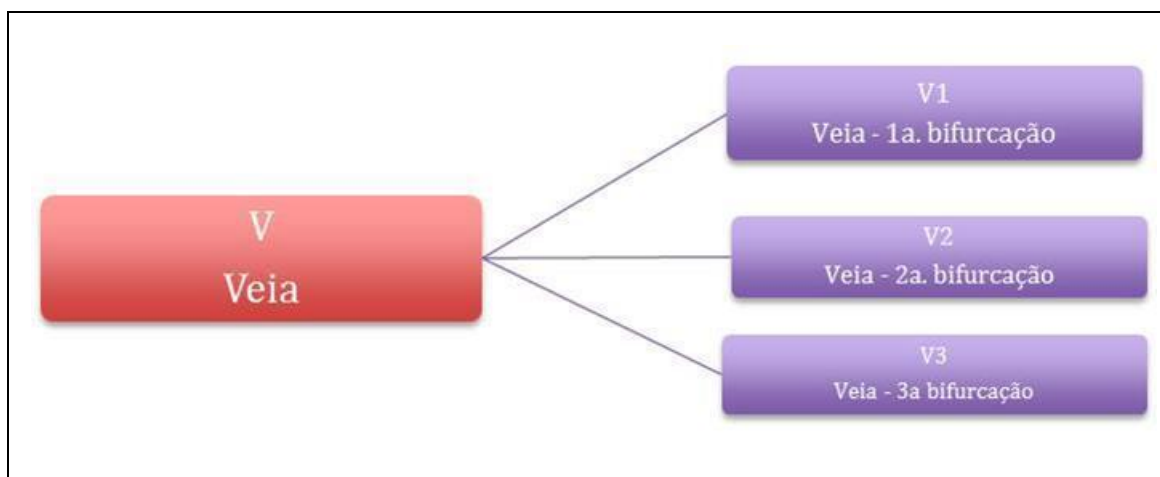
Os vasos placentários foram nomeados a partir do RP no sentido distal ao fluxo arterial. A letra (A ou V) se refere à artéria ou veia. No caso das artérias, a segunda letra se refere à posição direita (R – *right*) ou esquerda (L – *left*) em relação ao tronco principal da veia. Em seguida, o número corresponde à sequência da bifurcação (da 1<sup>a</sup> a 4<sup>a</sup> bifurcação). A veia placentária única foi nomeada de acordo com a bifurcação (FIGURAS 4 e 5).

Figura 4 – Nomeação das artérias placentárias



Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

Figura 5 – Nomeação das veias placentárias

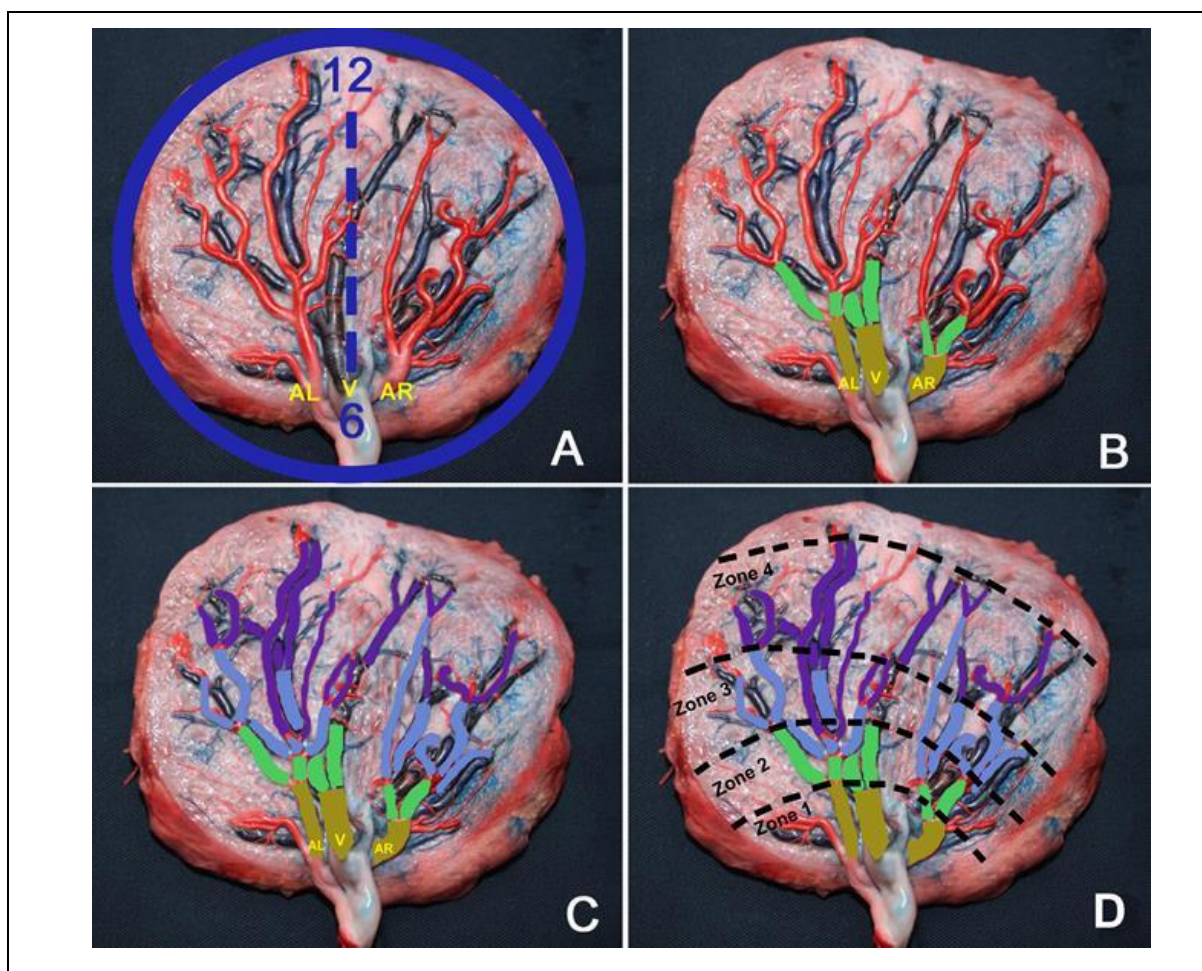


Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

Após mensuração dos calibres dos vasos, correlacionou-se os valores obtidos com os valores médios dos calibres das principais artérias intracranianas. O calibre médio, das principais artérias cerebrais, foi retirado da literatura (16-18).

Fundamentado nesta descrição anatômica dos vasos placentários, a placenta foi dividida em quatro zonas de trabalho. A determinação da área das zonas de trabalho se baseou em uma linha imaginária, arqueada entre os pontos de bifurcação dos vasos. A Zona 1, localizada do RP à primeira bifurcação das artérias e da veia, destina-se aos treinamentos nos vasos mais calibrosos. A Zona 2, localizada entre a primeira e segunda bifurcação dos vasos e assim por diante. A zona 4 se refere aos menores vasos da placenta (FIGURA 6).

Figura 6 – Sistema vascular placentário e zonas de trabalho



Legenda:

A: vasos placentários sob posição do “relógio”, mostrando a veia (V) e as artérias esquerda (AL) e direita (AR).

B: AL1, V1, AR1 em marrom claro; AL2, V2, AR2 em verde claro.

C: identificação de toda vasculatura com cores. AL3, AR3 em azul claro; AL4, V3, AR4 em roxo.

D – zonas de trabalho.

Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

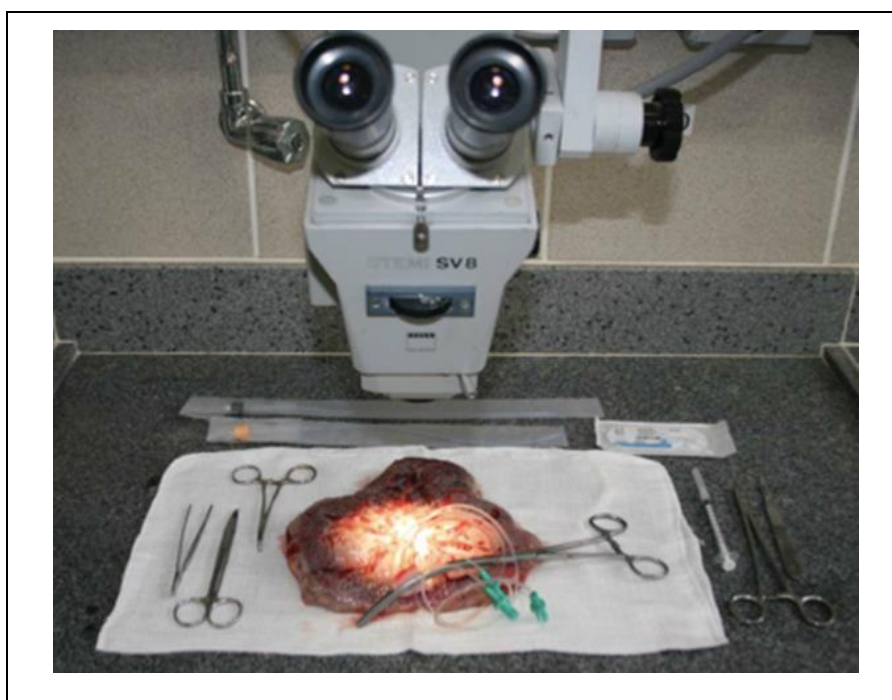
### 4.3 Modelo de aneurisma cerebral

Foram selecionadas 40 placentas para a criação dos modelos de aneurisma no Laboratório de Microcirurgia da UFMG. Os aneurismas cerebrais mais comuns têm entre 3-5 mm e são encontrados, na maioria das vezes, em bifurcações arteriais (16-18). Considerou-se também, a morfologia dos aneurismas cerebrais, de acordo com o colo: estreito e largo.

Instrumentos e material usado para criação dos aneurismas (FIGURA 7):

- Fio Prolene 6-0 seringas de 1 mL e de 60 mL.
- Equipo de soro.
- Cateter urinário Foley 6F.
- Kit de instrumental microcirúrgico para neurocirurgia.
- Microscópio cirúrgico.

Figura 7 – Estação para treinamento microvascular



Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

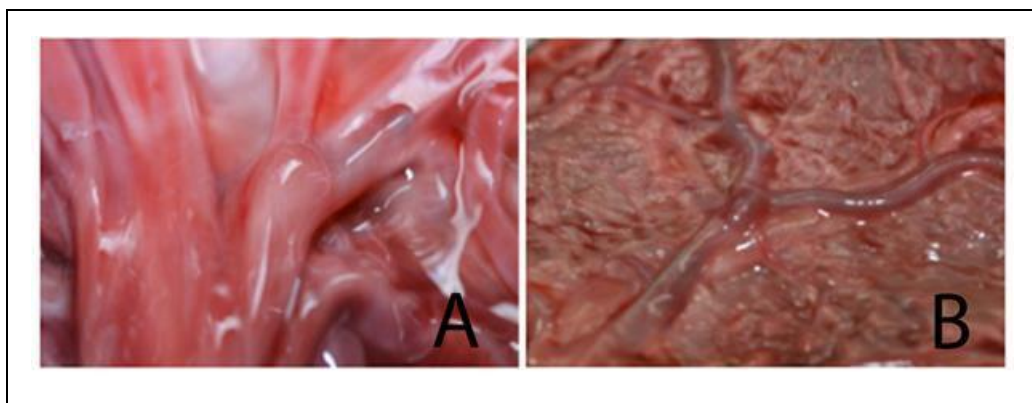
Nota: Bancada rígida com microscópio e placenta utilizada para preparação da placenta e prática microcirúrgica.



Para a criação do aneurisma de colo largo:

1. O Cateter de Foley infantil, tamanho 6 French (F) (o diâmetro do balão insulado é entre 3 a 5 mm), foi introduzido na bifurcação vascular, nos segmentos A1-A2 ou V2-V3 (pode ser venosa ou arterial), de aproximadamente 3 mm.
2. Uma pinça foi colocada na extremidade do cateter para manter o balão insuflado.
3. A placenta humana, com o cateter, ficou em refrigeração (4-10°C) e solução salina por seis horas.
4. Após, o balão foi esvaziado, deixando a dilatação aneurismática (FIGURA 8).

Figura 8 – Criação de aneurisma de colo largo



Legenda:

A: Cateter de Foley 6F em bifurcação vascular para criação de aneurisma de colo largo (note o cateter por transparência).

B: Após remoção do mesmo e formação aneurismática de colo largo.

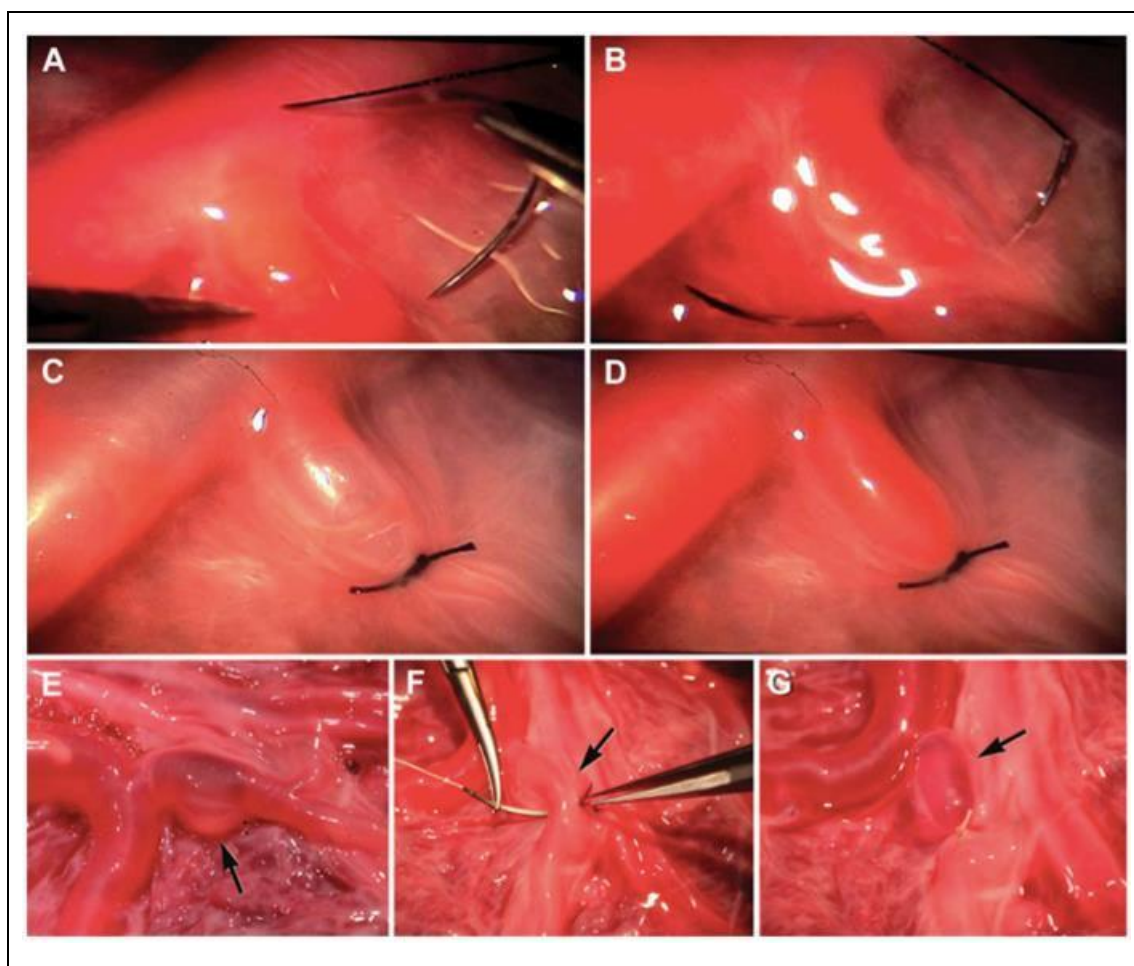
Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

Para a criação de colo aneurismático estreito:

1. Dissecou-se o vaso de 2 a 4 mm de diâmetro, insuflando balonete do cateter de Foley 6F, até a bifurcação do vaso escolhido.

2. O balonete permaneceu insuflado por 6h, para distender e adelgaçar a parede do vaso (mimetizando uma formação aneurismática).
3. A formação sacular foi ligada distalmente (6 a 10 mm), utilizando microssutura com Prolene 6.0.
4. O procedimento permitiu a criação do aneurisma sacular de colo estreito (FIGURA 9).

Figura 9 – Criação de aneurisma de colo estreito



Legenda:

A e B: passagem do Prolene 6.0 para ligadura do vaso.

C: aspecto final sem fluxo.

D: aspecto do aneurisma com fluxo.

E, F, G: outra sequência, em outro vaso, para criação de aneurisma sacular de colo estreito.

Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

#### **4.4 Exercícios para treinamento microvascular neurocirúrgico**

Para treinamento nas placentas com aneurismas, foram criadas algumas situações da prática neurocirúrgica vascular. As placentas foram colocadas em estações de treinamento compostas por bancada rígida, microscópio e instrumental microcirúrgico, incluindo cliques de aneurismas.

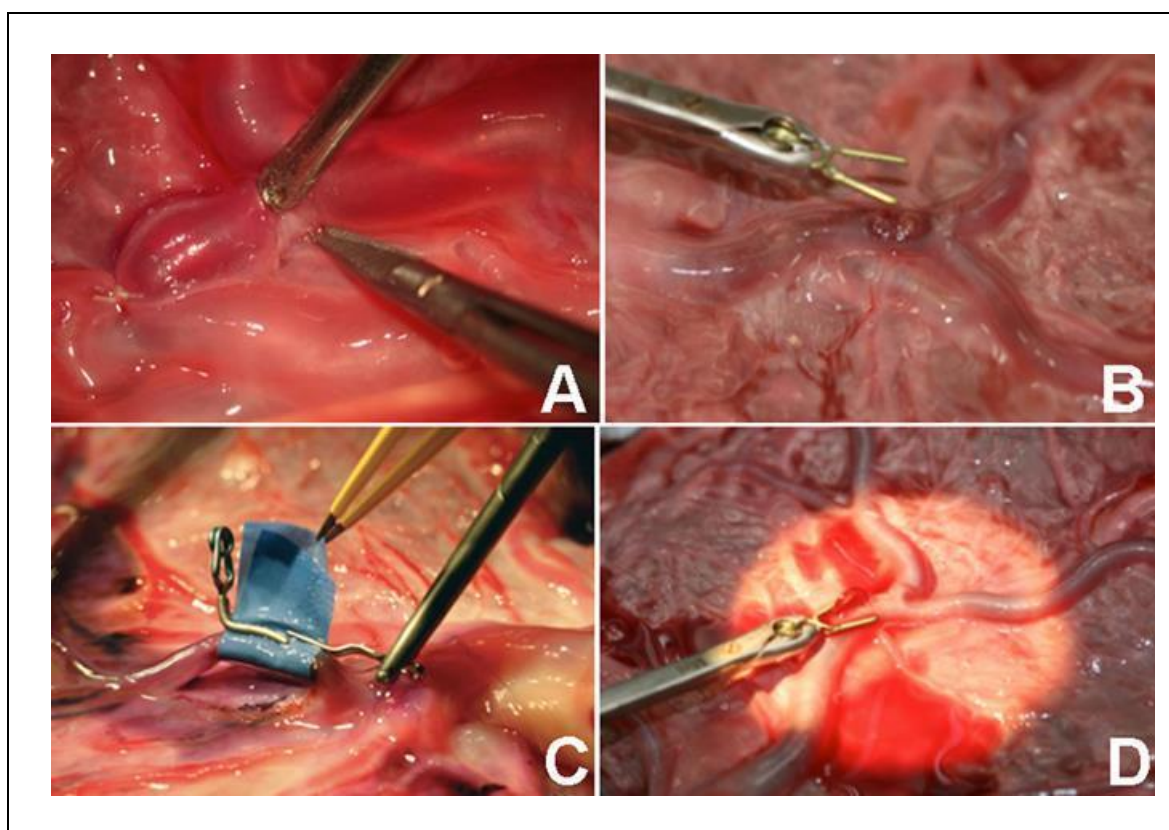
Os vasos umbilicais foram cateterizados, utilizando sonda nasogástrica tamanho 5F, e conectados a tubos com bolsa manual, para mimetizar a pulsação arterial e fluxo sanguíneo.

##### **Exercício 1: Microdissecção e clipagem de aneurisma:**

1. Colocação da placenta preparada com aneurisma de colo largo em bancada de microscópio em prancha rígida (FIGURA 7).
2. Conexão do vaso placentário correspondente ao sistema de irrigação, para preenchimento dos vasos e mimetizar fluxo endovascular.
3. Sob visão microscópica, fazer microdissecção do aneurisma (FIGURA 10A) para preparação da clipagem.
4. Fazer a aplicação do clipe no aneurisma (FIGURA 10B) e conferir o posicionamento adequado do clipe (livre de vasos perfurantes ou estreitamento do vaso clipado).

5. Treinamento de técnica de *wrapping* do vaso acometido (FIGURA 10C). Em situações reais, tal técnica é utilizada nas dissecções arteriais e formações de pseudoaneurismas.
6. Simulação de situação cirúrgica: ruptura do aneurisma usando agulha de insulina. Controle do sangramento com aspiração, compressão com algodão cirúrgico e aplicação de clipe e reposicionamento do clipe (FIGURA 10D).

Figura 10 – Microdissecção e clipagem de aneurisma



Legenda:

A: Microdissecção do aneurisma.

B: Colocação do clipe em aneurisma de colo largo.

C: Simulação da técnica de *wrapping*.

D: Simulação de ruptura de aneurisma.

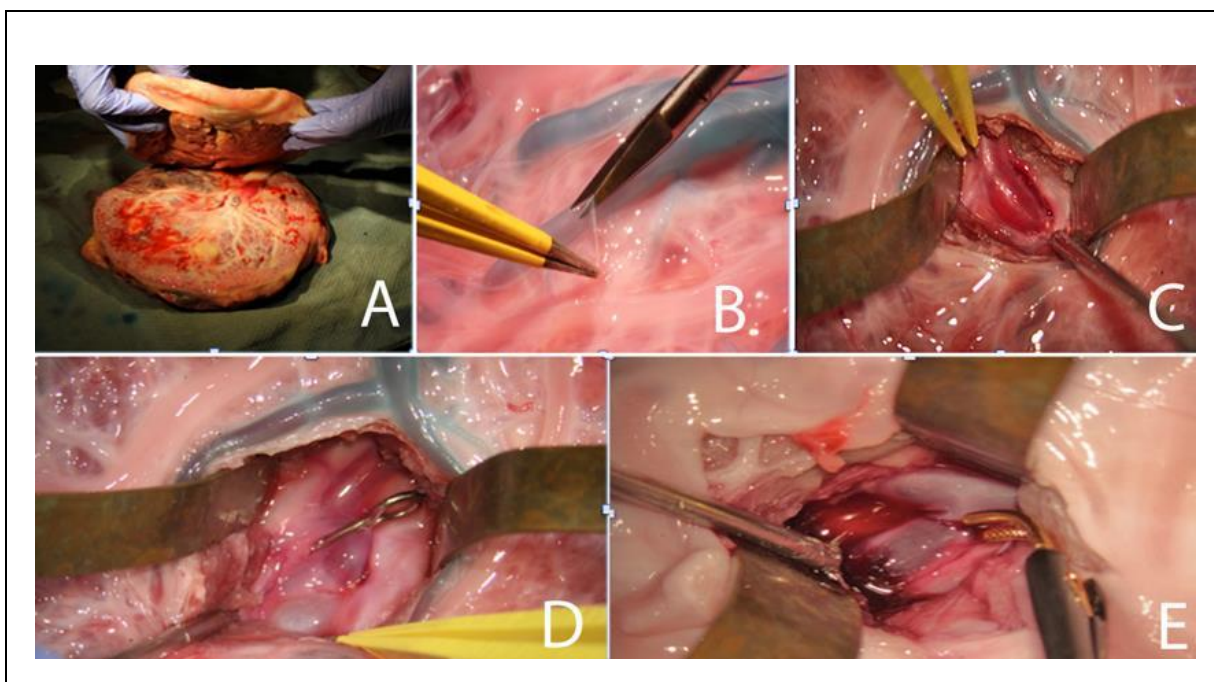
Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

**Exercício 2: Simulação de microdissecção do sulco lateral (fissura silviana) com colocação de cliques em aneurisma de colos largo e estreito:**

1. Preparação de duas placentas. Uma delas com presença dos aneurismas de colo largo e estreito (FIGURA 11A).
2. Conexão da solução salina, com corante vermelho, nos vasos umbilicais da placenta que contém os aneurismas.
3. Introdução de cateter vesical de alívio número 10 ou 12 na veia umbilical e infusão de salina com corante azul.
4. A segunda placenta (que contém os aneurismas) é colocada abaixo da primeira, alinhada em relação aos vasos corados em azul, para simular a dissecção da fissura Silviana para abordagem de aneurismas.
5. Com o auxílio de aspirador e material microcirúrgico, faz-se a microdissecção dos vasos corados em azul, da superfície à profundidade do tecido, até alcançar a placenta colocada em baixo e visualizar os aneurismas (FIGURA 11B).
6. Colocação de retratores e espátulas para simular a exposição e espaço de trabalho na clipagem de aneurismas (FIGURA 11C).
7. Microdissecção e exposição do vaso proximal ao aneurisma e microdissecção do colo para aplicação dos cliques.
8. Colocação do clipe reto no aneurisma, com cuidado, para preservação de vasos perfurantes e dos vasos circunjacentes (FIGURA 11D).

9. Simulação da ruptura do aneurisma. Incisão da cúpula do aneurisma, retirando o clipe. Por meio do cateter vesical que estava conectado à bolsa, com solução corada em vermelho, exerce-se pressão manual de modo a extravasar o líquido vermelho pelo aneurisma. Utilizando aspiração e compressão com algodões, faz-se a clipagem do aneurisma (FIGURA 11E).

Figura 11 – Simulação de microcirurgia vascular cerebral



Legenda:

A: posicionamento de duas placentas.

B: Microdissecção de veia (corante azul) para simular a microdissecção das veias silvianas.

C: afastamento das veias e parênquima para dissecção do aneurisma.

D: Colocação de clipe no aneurisma.

E: Simulação de ruptura aneurismática e controle da mesma com sucção e clipe.

Nota: Foram utilizadas duas placentas.

Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Medidas dos vasos placentários

Foram medidos 197 vasos arteriais e 17 vasos venosos, totalizando 214 vasos placentários (TABELA 1). Não se obteve valores exatos dos vasos placentários, (como 20 artérias A2 e 10 veias V1), em decorrência da sobreposição dos vasos. Os vasos do cordão umbilical não foram medidos, mas utilizados para o cateterismo dos vasos placentários.

Quanto à posição de entrada do cordão umbilical no tecido placentário, em seis placentas tinha posição central e, em quatro, posição periférica.

A Tabela 1 expõe as medidas descritivas para o calibre dos vasos venosos e arteriais e o intervalo de 95% de confiança para a média e para as observações.

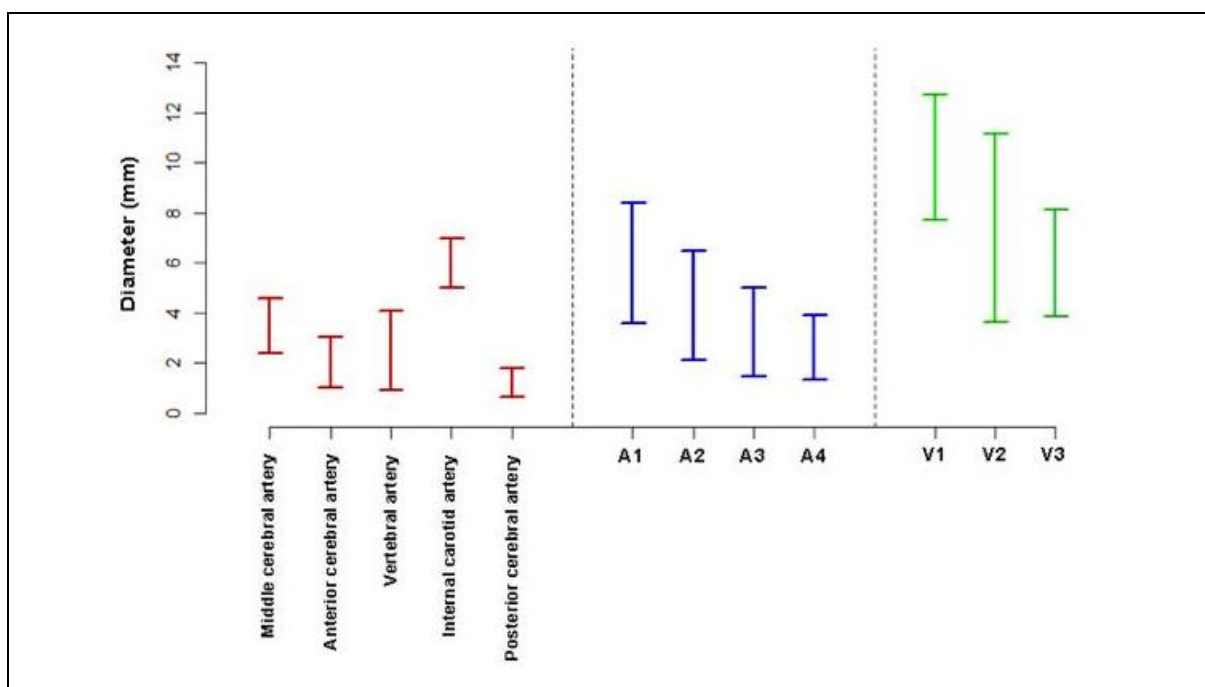
Tabela 1 – Medidas descritivas e intervalos de 95% de confiança para a média e observações para o calibre dos vasos arteriais e venosos

Vasos		Número de vasos medidos	Média dos diâmetros (mm)	DP (mm)	IC - 95% Médias	IC - 95% Observações	Min (mm)	Max (mm)	% vasos não mensurados
<b>Artérias</b>	<b>A1</b>	13	5,98	1,23	[5,31; 6,65]	[3,58; 8,39]	3,73	8,29	48
	<b>A2</b>	43	4,27	1,11	[3,94; 4,61]	[2,09; 6,46]	2,54	7,89	8
	<b>A3</b>	72	3,22	0,90	[3,01; 3,43]	[1,46; 4,98]	1,28	5,80	12
	<b>A4</b>	69	2,62	0,66	[2,47; 2,78]	[1,33; 3,92]	1,22	4,22	20
<b>Veias</b>	<b>V1</b>	3	10,22	1,27	[8,78; 11,65]	[7,72; 12,71]	9,40	12,27	70
	<b>V2</b>	7	7,40	1,92	[5,98; 8,82]	[3,64; 11,16]	4,80	10,92	30
	<b>V3</b>	7	6,00	1,09	[5,19; 6,81]	[3,86; 8,14]	4,60	8,21	30

Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

No Gráfico 1, os intervalos de 95% de confiança para os calibres dos vasos arteriais e venosos e os parâmetros de referência: artéria cerebral média, artéria cerebral anterior, artéria vertebral, artéria carótida interna e artéria cerebral posterior.

Gráfico 1 – Ilustração dos intervalos de 95% das observações para os vasos placentários



Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

A distância entre cada zona de trabalho variou entre 3 a 4 cm. A zona 1 se localizou entre 0 e 3,5 cm do ponto de referência; a zona 2, entre 3 a 7 cm; zona 3, entre 7 a 10,5cm e a zona 4 esteve entre 10,5 cm e 14 cm.

Ao dividir a placenta ao meio (em uma linha arqueada imaginária entre o RP e a periferia da placenta), em todas as dez placentas as zonas 1 e 2 ficaram proximais ao cordão umbilical e as zonas 3 e 4, distais ao cordão umbilical.



## 5.2 Modelo de aneurisma cerebral

Do total de 40 placentas, 38 foram consideradas adequadas para a criação de aneurismas. Estes foram facilmente construídos em vasos entre 2 e 10 mm de diâmetro e todos os vasos manipulados permaneceram com lúmen pérvio.

As dificuldades encontradas na criação dos aneurismas se relacionaram às placentas que foram inadvertidamente congeladas e em vasos menores que 2 mm. As placentas que foram congeladas, antes da manipulação dos vasos, ficaram friáveis e houve perda da resistência vascular, que não suportou a lavagem com solução salina 0.9%, sob pressão entre 70-90 mm Hg. Os vasos menores que 2 mm não suportaram a introdução do cateter de Foley e tiveram as paredes danificadas, com a sua passagem. O cuidado em não congelar as 38 placentas restantes, forneceu a condição necessária para criação dos aneurismas sem intercorrências.

O condicionamento das placentas foi em refrigerador doméstico, em temperatura entre 8 e 12 graus *Celsius* e mantidas por, no máximo, sete dias, sem prejuízo na manipulação dos vasos ou na elaboração dos aneurismas. As placentas resfriadas não foram mantidas por período superior a sete dias.

Cada placenta permitiu a criação de 10 a 20 aneurismas (colo largo ou estreito). Em relação às medidas, o colo dos aneurismas variou de 2 a 15 mm; o dome, entre 1 e 5 mm.

## 6 DISCUSSÃO

Um grande marco da história da neurocirurgia, na segunda metade do século XX, foi a introdução do microscópio por Yasargil (1). Os resultados positivos e a diminuição de morbidez impulsionaram a técnica e a necessidade de treinamento específico, principalmente na neurocirurgia vascular. Desde então, vários modelos de treinamento foram descritos como asa de frango, pescoço de peru, carótidas interna e externa de ratos e, recentemente, simuladores computadorizados (19-21).

O uso da placenta, como modelo de treinamento para técnicas cirúrgicas, surgiu em 1980 com McGregor (14). Em 1992, Ayoubi (15) relatou a semelhança dos vasos placentários com os vasos cerebrais e a possível utilização da placenta, como ferramenta para treinamento de técnicas microcirúrgicas em neurocirurgia. Entretanto, não houve sistematização anatômica e detalhamento técnico dos vasos placentários.

No Brasil, em 2008, Romero *et al.* (26) relataram as possibilidades no treinamento de microanastomoses nos vasos placentários, que serve de base para cursos rotineiros no Laboratório de Microcirurgia da Beneficência Portuguesa, em São Paulo/SP.

A vantagem da placenta, em relação às outras opções de treinamento, é pela variabilidade do calibre, extensão e número de vasos. A média de extensão dos vasos placentários é de 87 cm (15) e permite, portanto, vários procedimentos em um mesmo espécime, além do baixo custo de obtenção, frente aos modernos simuladores computadorizados (19).

A primeira parte deste trabalho foi estudar e medir os vasos placentários de maneira sistemática e compará-los aos vasos cerebrais. Até então, o único trabalho similar foi o de Ayoubi, em 1992. Porém, este trabalho não sistematizou tal semelhança, não distinguiu os vasos placentários (veia ou artéria), não relatou como foi feita a medida ou lavagem dos mesmos e não descreveu a anatomia placentária. Com as técnicas de lavagem, coloração, mensuração e sistematização dos vasos, pode-se estudar toda a vascularização placentária (FIGURA 1, 2).

Os calibres dos vasos placentários, passíveis de manipulação e treinamento, variaram de 1,22 mm a 12,27 mm, englobando os diâmetros dos principais vasos cerebrais, que geralmente são abordados em neurocirurgia (GRÁFICO 1).

O tamanho da artéria cerebral anterior varia de 1,0 a 3,0 mm – compatível com o segmento A4 placentário. O calibre da artéria cerebral média varia de 2,4 a 4,6 mm e corresponde aos segmentos A2, A3 e V3 placentário. A artéria vertebral possui calibre entre 0,92 mm e 4,09 mm e corresponde aos segmentos A2, A3, A4 e V3 placentário. A artéria carótida interna varia de 5,0 a 7,0 mm de diâmetro e corresponde aos segmentos A1 a A4 e V2 e V3. A artéria cerebral posterior possui calibre entre 0,65 a 1,78 mm e corresponde ao segmento A4 da placenta (24). Portanto, todos os tamanhos de artérias cerebrais se enquadram nos calibres dos vasos placentários (GRÁFICO 1).

Houve dificuldade para medida direta do vaso V1 em 70% dos casos (TABELA 1), pois a veia fica entremeada às artérias umbilicais, dificultando a mensuração. Porém, caso seja necessário a manipulação para treinamento desse diâmetro, tal vaso pode ser dissecado das artérias, como parte de treinamento microcirúrgico. No

segmento distal da veia, V4, a manipulação para treinamento não foi possível pela fragilidade da parede do vaso e ramificações.

A pressão durante a gestação oscila em torno de 80-100 mm Hg nas artérias uterinas, 70 mm Hg nas artérias espirais e apenas 10 mm Hg no espaço das intervilosidades placentárias. Os vasos placentários possuem baixa resistência e o gradiente de pressão sanguínea, entre as artérias uterinas e o espaço nas vilosidades, permite que o fluxo sanguíneo materno preencha adequadamente o espaço das vilosidades placentárias (13). Para proceder a lavagem dos vasos placentários, utilizou-se a pressão entre 70-90 mm Hg, que é superior a pressão habitual da árvore placentária durante a gestação. Diante de tal fato, as medidas dos calibres vasculares, obtidos de toda árvore placentária, podem não condizer, precisamente, com as medidas *in vivo*. Para reproduzir o resultado obtido da mensuração dos calibres vasculares, a lavagem deve ser feita sob pressão entre 70-90 mm Hg, tanto para veia quanto para as artérias.

A sistematização da anatomia placentária em analogia com relógio, com o RP sendo a intersecção do cordão umbilical com a placenta e o eixo principal longitudinal, sendo a veia placentária, permitiu nomear a anatomia vascular ainda não descrita. Tal descrição anatômica e as quatro zonas de trabalho tiveram como objetivo padronizar e facilitar o treinamento na placenta humana. Portanto, de acordo com o diâmetro do vaso e da técnica a ser treinada, coloca-se a placenta em bancada de treinamento, identifica os postos-chave da anatomia e se direciona para a zona de trabalho de interesse.

Os vasos placentários, com maior calibre, se localizam nas zonas de trabalho 1 e 2, que correspondem a metade proximal da placenta de acordo com o RP. Os vasos mais finos estão na zona 3 e 4.

O objetivo da segunda parte do estudo foi criar modelo de aneurisma de fácil reprodução para treinamento de técnicas cerebrovasculares. O procedimento cirúrgico neurovascular padrão é a clipagem microcirúrgica de aneurisma. O simulador descrito permitiu reproduzir etapas deste procedimento cirúrgico, inclusive das intercorrências.

A neurocirurgia vascular requer neurocirurgiões experientes, para atingir níveis aceitáveis de morbidez e mortalidade. Devido ao crescente desenvolvimento de terapêutica endovascular (neuro-radiologia intervencionista), o número de procedimentos para clipagem de aneurismas está reduzido e o contato dos neurocirurgiões, com esse tipo de doença, decresce. Desse modo, o desenvolvimento de modelo de treinamento neurocirúrgico ajudaria no aprimoramento técnico na prática neurocirúrgica e na formação dos residentes.

Embora, vários modelos de simulação para clipagem de aneurisma tenham sido propostos, a maioria possui desvantagens significativas (TABELA 2).

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens dos diferentes modelos de aneurisma cerebral para treinamento microcirúrgico

	Artéria carótida (porco)	Artérias do rato	Impressão 3D	Modelo virtual	Placenta humana
Custo médio	R\$ 1500-5000	R\$250-600 por animal	R\$ 4500-6300	R\$ 620mil 870mil	--
Infraestrutura	Serviços veterinários para animal de grande porte. Anestesia geral	Serviços veterinários. Uso de drogas para anestesiá-lo	Processador de dados, impressora 3D	Técnicos em imagem	Serviço obstétrico, instrumentos microcirúrgicos, geladeira, cateteres
Aprovação Ética?	Sim	Sim	Não	Não	Sim
Tempo médio para criação do modelo	1-3h por aneurisma	3h por aneurisma	Até 15 dias (processamento dos dados e impressão).	0,3h para processamento de dados	0,5h para lavagem da placenta; 6h criação de aneurisma
Habilidades a serem treinadas	Dissecção, clipagem, microssutura	Dissecção, clipagem, microssutura	Inspeção da anatomia, clipagem	Inspeção da anatomia, clipagem	Dissecção, clipagem, microssutura
Sensação tátil tecidual?	Sim	Sim	Não	Não	Sim
Diferentes tipos de aneurismas?	Sim, maioria são laterais ao vaso.	Sim. Pequenos aneurismas	Sim	Sim	Sim
Dissecção similar aracnóideia?	Não	Não	Não	Não	Sim
Correlação à anatomia cerebral?	Não	Não	Sim	Sim	Não

Fonte: Dados da pesquisa, 2013.

Não existe modelo tecidual usado, rotineiramente, para simulação de cirurgia cerebral aberta. Foram descritos apenas modelos de aneurismas produzidos, cirurgicamente, em animais (6).

Além disso, não há modelo tecidual descrito que seja possível simular microdissecção da fissura de Sylvius, um dos principais passos da neurocirurgia vascular aberta. Os modelos virtuais de aneurismas cerebrais restringem às técnicas endovasculares e pesquisa, são dispendiosos e de difícil disponibilidade (5, 7, 9, 22).

O valor da placenta é acessível e de fácil aquisição. Em hospitais com maternidade, a placenta humana pode ser facilmente adquirida, propiciando variedade de exercícios microcirúrgicos.

Há dois tipos principais de aneurismas na prática neurocirúrgica: os de colo largo e os de colo estreito (18). Tais aneurismas, até o presente estudo, ainda não haviam sido criados para modelos de treinamento e simulação cirúrgica. A facilidade na construção dos aneurismas, tanto com insuflação do cateter de Foley (para realização dos aneurismas de colo largo), quanto com ligadura de um vaso associada à insuflação do cateter de Foley, em uma bifurcação (para simular aneurisma de colo estreito), foi de fácil execução e realizada, praticamente, em todas as placentas.

O objetivo do primeiro exercício foi aprender a manipular o microscópio e o instrumental microcirúrgico (incluindo o aplicador de cliques), fazer a clipagem direta do aneurisma e microdissecção dos vasos perfurantes placentários (certificar que não houve clipagem de vasos placentários menores ou estreitamento vascular).

Além disso, foi possível simular a ruptura do aneurisma e treinar o procedimento para controle de sangramento e reposicionamento do clipe (FIGURA 8).

O segundo exercício seguiu a complexidade da curva de aprendizado do treinamento, com a simulação da dissecação da fissura de Sylvius, até encontrar o vaso com aneurisma. A restrição do campo operatório (usual na prática neurocirúrgica) e a profundidade da manipulação dos aneurismas dentro do cérebro foram obtidas interpondo duas placentas (FIGURAS 9 A, B e C). O exercício terminou com a simulação de cirurgia real do aneurisma após craniotomia, incluindo a microdissecação do colo, clipagem e ruptura do mesmo.

O tipo de exercício, com dificuldade progressiva, pode oferecer ao residente e também ao neurocirurgião a oportunidade de aperfeiçoarem as habilidades microcirúrgicas.

Kimura (22) relatou o uso de modelo virtual, de três dimensões, para simular a clipagem pré-operatória. Tal simulação testa a posição do clipe no colo aneurismático. Não há dissecação do aneurisma ou da fissura de Sylvius, sendo mais um modelo de simulação do ato da clipagem, que um modelo de exercício prático, como o proposto neste estudo.

Olabe *et al.* (23) relataram treinamento de aneurisma cerebral em porcos. Mesmo sendo um modelo interessante, a dissecação aracnóide foi feita adicionando cola ao tecido e o custo para manter o modelo de treinamento, em animal vivo, é alto e trabalhoso e não oferece a disponibilidade da placenta.



Há relatos de criação de aneurismas também em ratos. Spetzger *et al.* (24) descreveram o modelo em rato para simulação da clipagem de aneurisma, em bifurcação vascular, juntamente com modelo de vasos de plástico.

Scholz *et al.* (11) criaram o aneurisma arterial e saco venoso em ratos, assim como Mucke *et al.* (12) criaram aneurisma na bifurcação da aorta de ratos.

Tais modelos foram realizados em animais vivos. A disponibilidade e o custo destes modelos são elevados e não possibilitam a aplicação do clipe em malha vascular complexa (como na malha placentária) e não há simulação também da microdissecção da fissura silviana.

A placenta humana pode ser conectada à bomba de infusão, criando o modelo perfusional. Vários modelos têm sido descritos com este objetivo. O primeiro relato, usando modelo de perfusão em cabeças de cadáveres, foi em 2002 (10). Os modelos biológicos (como os do presente estudo) que usaram sistema de perfusão, podem simular a ruptura aneurismática, permitindo enfrentar tal situação estressante e emergencial, durante o ato cirúrgico.

Outros modelos de simulação cirúrgica e médica se originaram da indústria aeronáutica. Esses modelos virtuais, na educação cirúrgica, são explorados de maneira semelhante aos simuladores de voo e parecem ser eficazes para treinamento (8). A maior desvantagem é a ausência no desenvolvimento tátil entre os microinstrumentos e o tecido biológico, essenciais à prática neurocirúrgica vascular, além do custo e manutenção dos equipamentos virtuais.

Os modelos animais requerem infraestrutura específica e intervenções cirúrgicas, para se criar um aneurisma.

Os modelos cadavéricos, de difícil aquisição, perdem a consistência tecidual habitual com refrigeração ou formalização.

Os modelos de borracha e silicone são artificiais, sem consistência biológica fidedigna (5,19).

Os modelos vasculares de asa de frango (20) e pescoço de peru (21) são acessíveis, de baixo custo e indicados para anastomoses vasculares e não para aneurismas (TABELA 2).

Price *et al.* (26) fizeram um estudo aleatório, utilizando modelo de simulação para anastomose vascular, e concluíram que o treinamento independente melhora a performance na prática cirúrgica.

Pesquisas pedagógicas concluíram que exercícios repetitivos são ótimas ferramentas de aprendizado (4). Modelos virtuais são excelentes para exercícios repetitivos. Nos modelos animais, cada indivíduo produz um aneurisma, de modo que a repetição é mais difícil. Os modelos de silicone são feitos por impressões em formato 3D e também possuem tais dificuldades de repetição. Portanto, uma das grandes vantagens do modelo placentário é a chance para repetições exaustivas (em uma mesma peça) de técnicas microcirúrgicas e para criação de aneurismas, devido à vasta vascularização placentária e malha de, aproximadamente, 85 cm de extensão (15) para se praticar a microcirurgia.

Outra vantagem do modelo de placenta humana é a possibilidade de se mimetizar o fluxo sanguíneo, mas ainda deve-se aprimorar a técnica de irrigação com modelos pulsáteis e com formações similares à cascata de coagulação. No presente estudo, foi realizada com um auxiliar exercendo compressões manuais na bolsa com contraste.

Os resultados obtidos e os exercícios desenvolvidos foram também enviados para *Barrow Neurological Institute*, Phoenix, nos Estados Unidos, um dos maiores laboratórios de pesquisa para treinamento neurocirúrgico. A equipe norte-americana conduziu as mesmas etapas na criação do aneurisma e reproduziu os resultados, além de opinar e agregar informação de novas perspectivas e pesquisas no desenvolvimento de exercícios.

Os pontos negativos, do modelo placentário, são as limitações anatômicas que devem ser complementadas por outros modelos de treinamento que exploram a anatomia cerebral, com ênfase na posição dos principais vasos cerebrais, nervos cranianos, além das cisternas e veias de drenagem. Exemplos de modelos virtuais integrado, designado para suprir a avaliação neurocirúrgica e decisão cirúrgica é o *Dextroscope* (Bracco AMT, Princeton, New Jersey) e o sistema *Neuro-Touch*, desenvolvido pelo *National Research Council of Canada* (9) em que sangramentos aneurismáticos, dissecação da fissura silviana e cauterização de vasos são feitos de forma virtual, podendo também programar a sequência de exercícios específicos e treinamento com tarefas definidas (9).

Outro ponto negativo do modelo placentário, assim como de todos os modelos biológicos oriundos de tecido humano, é o risco de contaminação biológica.

Portanto, é necessário a correta paramentação, usando proteção individual. Para minimizar o risco de contaminação, o rastreamento de doenças infectocontagiosas deve ser feito rotineiramente, durante o pré-natal, e descartadas as placentas oriundas de gravidez com positividade para alguma doença.

No cenário médico atual, em que a simulação de procedimentos ganha força nos países desenvolvidos, a placenta pode ser excelente ferramenta de treinamento.

No Brasil, a falta de recursos e instalações próprias para treinamento, ocasiona a persistência dos moldes de ensino do início do século passado, criados por Halsted. Portanto, é necessário acompanhar a excelência de formação dos residentes nos países desenvolvidos, em que o treinamento com simuladores precede o contato com o paciente.

Para se avançar na formação neurocirúrgica no Brasil, a criação de simulador de baixo custo, como a placenta humana, é fundamental. Mas, apenas foi apresentada, neste estudo, descrição das possibilidades de exercício no desenvolvimento do modelo.

É necessário investir nessa linha de pesquisa para se criar e validar exercícios neurocirúrgicos próprios, que podem ser usados, como pré-requisito, durante o treinamento dos residentes, antes de iniciarem operações em tecido humano vivo.

Dois artigos sobre o mesmo assunto foram escritos: *“Human placenta aneurysm model for training neurosurgeons in vascular microsurgery”*, publicado na Revista *Neurosurgery* (Dec./2014) e *“Test-Retest reliability validation of human placenta main vessels anatomical description to guide ex vivo neurosurgical simulation”*, submetido à Revista *Neurosurgery*, está em processo de revisão (ANEXOS B e C).

## 7 CONCLUSÃO

1. Os vasos placentários se correlacionam, em calibre, aos vasos cerebrais, tendo sido sistematizados neste estudo.
2. É possível a criação de modelo de aneurisma cerebral, de vários diâmetros, na placenta humana e a realização de exercícios de simulação microcirúrgica vascular, compatíveis com a realidade.

## REFERÊNCIAS

1. GUSMÃO, S. S.; SOUZA, J. G. **História da neurocirurgia no Brasil**. 2. ed. São Paulo: Sociedade Brasileira de Neurocirurgia, 2008. p. 34-39.
2. HALSTED, W. S. Disponível em: <<http://halstedthedocumentary.org>>. <<http://www.medicalarchives.jhmi.edu>>. Acesso em: 23/10/2014.
3. TORKINGTON, J.; SMITH, S. G.; REES, B. I.; DARZI, A. The role of simulation in surgical training. **Ann R Coll Surg Engl**. 2000;82:88-94.
4. BATH, J., LAWRENCE, P. Why we need open simulation to train surgeons in an era of work-hour restrictions. **Vascular**, 2011. 19(4):175-7.
5. CHUEH, J. Y.; WAKHLOO, A. K.; GOUNIS, M. J. Neurovascular modeling: small-batch manufacturing of silicone vascular replicas. **AJNR Am J Neuroradiol**, 2009. 30(6):1159-64.
6. YATOMI, K. *et al.*, New experimental model of terminal aneurysms in Swine: technical note. **J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg**, 2012. 73(6): 397-400.
7. RAYMOND, J. *et al.* Interventional neuroradiology: the role of experimental models in scientific progress. **AJNR Am J Neuroradiol**, 2007. 28(3):401-5.
8. ALARAJ, A. *et al.*, Role of cranial and spinal virtual and augmented reality simulation using immersive touch modules in neurosurgical training. **Neurosurgery**, 2013. 72 Suppl 1:115-23.
9. MALONE, H. R. *et al.* Simulation in neurosurgery: a review of computer-based simulation environments and their surgical applications. **Neurosurgery**, 2010. 67(4):1105-16.
10. ABOUD, E.; AL-MEFTY, O.; YASARGIL, M. G. New laboratory model for neurosurgical training that simulates live surgery. **J Neurosurg**, 2002. 97(6):1367-72.
11. SCHOLZ, M. *et al.* Microsurgically induced aneurysm models in rats, part I: techniques and histological examination. **Minim Invasive Neurosurg**, 2008. 51(2):76-82.
12. MUCKE, T. *et al.* Microsurgically induced pure arterial aneurysm model in rats. **Cent Eur Neurosurg**, 2011. 72(1):38-41.
13. WANG, Y, ZHAO, S. **Vascular biology of the placenta**. San Rafael (CA): Morgan & Claypool Life Sciences; 2010. Chapter 2, Placental Blood Circulation.

14. MCGREGOR, J. C. The use of the placenta for microsurgical vascular practice. **Journal of the Royal College of Surgeons of Edinburgh**. 1980. 25(4):233-236.
15. AYOUBI, S.; WARD, P., NAIK, S., SANKARAN, M. The use of placenta in a Microvascular Exercise. **Neurosurgery**, 1992. 30(2):252-254.
16. ULM, A. J; FAUTHEREE, G. L.; TANRIOVER, N.; RUSSO, A.; ALBANESE, E.; RHOTON Jr., A. L. MERICLE, R. A.; LEWIS, S. B. Microsurgical and angiographic anatomy of middle cerebral artery aneurysms: prevalence and significance of early branch aneurysms. **Neurosurgery**. 2008. May; 62(5 Suppl 2).
17. KAWASHIMA, M.; RHOTON Jr., A. L.; TANRIOVER, N.; ULM, A. J.; YASUDA, A.; FUJII, K. Microsurgical anatomy of cerebral revascularization. Part II: posterior circulation. **J Neurosurg**. 2005 Jan; 102(1):132-47.
18. RHOTON Jr., A. L. Aneurysms. **Neurosurgery**. 2002 Oct. 51(4 Suppl):S121-58. Review.
19. HWANG, G. *et al.* Comparison of different microanastomosis training models: model accuracy and practicality. **J Korean Neurosurg Soc**, 2010. 47(4):287-90.
20. HINO, A., Training in microvascular surgery using a chicken wing artery. **Neurosurgery**, 2003. 52(6):1495-7; discussion: 1497-8.
21. COLPAN, M. E. *et al.*, Microvascular anastomosis training model based on a Turkey neck with perfused arteries. **Neurosurgery**, 2008. 62(5 Suppl 2):ONS407-10; discussion: ONS410-1.
22. KIMURA, T. *et al.* Simulation of and training for cerebral aneurysm clipping with 3-dimensional models. **Neurosurgery**, 2009. 65(4):719-25; discussion: 725-6.
23. OLABE, J.; OLABE, J.; RODA, J. Microsurgical cerebral aneurysm training porcine model. **Neurol India**, 2011. 59(1):78-81.
24. SPETZGER, U. *et al.* Training models for vascular microneurosurgery. **Acta Neurochir Suppl**, 2011. 112:115-9.
25. PRICE, J. *et al.* A randomized evaluation of simulation training on performance of vascular anastomosis on a high-fidelity in vivo model: the role of deliberate practice. **J Thorac Cardiovasc Surg**, 2011. 142(3):496-503.
26. ROMERO, F.R.; FERNANDES, S.T.; CHADDAD-NETO, F.; RAMOS, J.G.; CAMPOS J.M.; OLIVEIRA, E. Microsurgical techniques using human placenta. **Arq Neuropsiquiatr**, 2008. 66(4):876-878.

27. GREENBERG, Mark S. **Handbook of neurosurgery**. 7. ed. New York, USA. 2010. p. 1034-1040.
28. FORSTING, M. **Intracranial vascular malformations and aneurysms**. New York, USA, 2003. p.143-157.



**ANEXOS****ANEXO A – Aprovação da Comissão de Ética em Pesquisa**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP**

**Parecer nº CAAE: 0364.0.203.000-11**

**Interessado(a): Prof. Marcelo Magaldi Ribeiro de Oliveira  
Departamento de Cirurgia  
Faculdade de Medicina - UFMG**

**DECISÃO**

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 17 de agosto de 2011, o projeto de pesquisa intitulado **"Placenta humana como modelo de treinamento neurocirúrgico microvascular e endovascular"** bem como o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Maria Teresa Marques Amaral', is written over a faint, illegible stamp.

**Profa. Maria Teresa Marques Amaral  
Coordenadora do COEP-UFMG**

***ANEXO B – Human placenta aneurysm model for training neurosurgeons in vascular microsurgery (Artigo publicado na Revista Neurosurgery, Dec. 2014)***

# Human Placenta Aneurysm Model for Training Neurosurgeons in Vascular Microsurgery

Marcelo Oliveira Magaldi, MD, PhD\*‡

Arthur Nicolato, MD\*

Joao V. Godinho§

Marcilea Santos, MD\*

Andre Prosdocimi, MD§

Jose A. Malheiros, MD, MSc\*

Ting Lei, MD‡

Evgenii Belykh, MD‡

Rami O. Almefty, MD¶

Kaith K. Almefty, MD¶

Mark C. Preul, MD‡

Robert F. Spetzler, MD¶

Peter Nakaji, MD¶

\*Department of Surgery and §School of Medicine, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil; ‡Neurosurgery Research Laboratory and ¶Division of Neurological Surgery, Barrow Neurological Institute, St. Joseph's Hospital and Medical Center, Phoenix, Arizona

#### Correspondence:

Peter Nakaji, MD,  
c/o Neuroscience Publications,  
Barrow Neurological Institute,  
St. Joseph's Hospital and Medical Center,  
350 W Thomas Rd,  
Phoenix, AZ 85013.  
E-mail: Neuropub@dignityhealth.org

Received, March 28, 2014.

Accepted, August 4, 2014.

Published Online, September 23, 2014.

Copyright © 2014 by the  
Congress of Neurological Surgeons.

**BACKGROUND:** Neurosurgery, a demanding specialty, involves many microsurgical procedures that require complex skills, including open surgical treatment of intracranial aneurysms. Simulation or practice models may be useful for acquiring these skills before trainees perform surgery on human patients.

**OBJECTIVE:** To describe a human placenta model for the creation and clipping of aneurysms.

**METHODS:** Placental vessels from 40 human placentas that were dimensionally comparable to the sizes of appropriate cerebral vessels were isolated to create aneurysms of different shapes. The placentas were then prepared for vascular microsurgery exercises. Sylvian fissure–like dissection technique and clipping of large- and small-necked aneurysms were practiced on human placentas with and without pulsatile flow. A surgical field designed to resemble a real craniotomy was reproduced in the model.

**RESULTS:** The human placenta has a plethora of vessels that are of the proper dimensions to allow the creation of aneurysms with dome and neck dimensions similar to those of human saccular and fusiform cerebral aneurysms. These anatomic scenarios allowed aneurysm inspection, manipulation, and clipping practice. Technical microsurgical procedures include simulation of sylvian fissure dissection, unruptured aneurysm clipping, ruptured aneurysm clipping, and wrapping; all were reproduced with high fidelity to the haptics of live human surgery. Skill-training exercises realistically reproduced aneurysm clipping.

**CONCLUSION:** Human placenta provides an inexpensive, widely available, convenient biological tissue that can be used to create models of cerebral aneurysms of different morphologies. Neurosurgical trainees may benefit from the preoperative use of a realistic model to gain familiarity and practice with critical surgical techniques for treating aneurysms.

**KEY WORDS:** Brain aneurysm, Microneurosurgery, Placenta, Simulation model, Training

*Operative Neurosurgery* 10:592–601, 2014

DOI: 10.1227/NEU.0000000000000553

Improving the acquisition of neurosurgical skills by using simulation models in neurosurgical training has gained much attention in recent years. Recent restrictions on work hours in the United States and concerns about medical liability have reduced the access that trainees have to a concentrated volume of patients with critical and technically demanding conditions.<sup>1</sup> In addition, the increased use of interventional neuroendovascular techniques has led to reduced exposure to open aneurysm clipping for both residents and practicing neurosurgeons.<sup>2</sup> Some neurosurgical residents may have little practical surgical experience with aneurysm clipping throughout their residency. In addition,

exposure to aneurysms on a regular basis is necessary for the fully trained neurosurgeon to remain facile at such critical surgical techniques. Such regular exposure and practice in technically demanding surgical procedures can help surgeons avoid technical errors that increase patient morbidity and mortality.<sup>3</sup> Training models for aneurysm surgery may assist neurosurgeons of differing expertise to improve important manual microneurosurgical skills.

Much recent research in surgical simulation for training has involved producing virtual models.<sup>4</sup> Although visually interesting, many computer-based virtual simulators are unfortunately still highly rudimentary as training tools. The

experience they offer is highly artificial, mostly imaging based, untested for educational efficacy, and expensive to produce and purchase. Importantly, these simulators do not have inherent tactile development, feedback, or other physical qualities sufficient to qualify them as appropriate or dependable training tools for the techniques required in real surgery, especially cerebrovascular neurosurgery.<sup>5</sup> Other simulation training models of brain aneurysms have been developed using animals, silicone tubes, hydrogel tubing, and cadaver tissue. Each model has advantages and disadvantages, although few are well adapted for enhancing the manual skills necessary for clipping aneurysms.<sup>6-9</sup> Although animal models have been used in endovascular training, few centers can provide the facilities and support necessary for constant laboratory surgical exposure practice, especially using large animal species for appropriate aneurysm surgical treatments.<sup>10-12</sup>

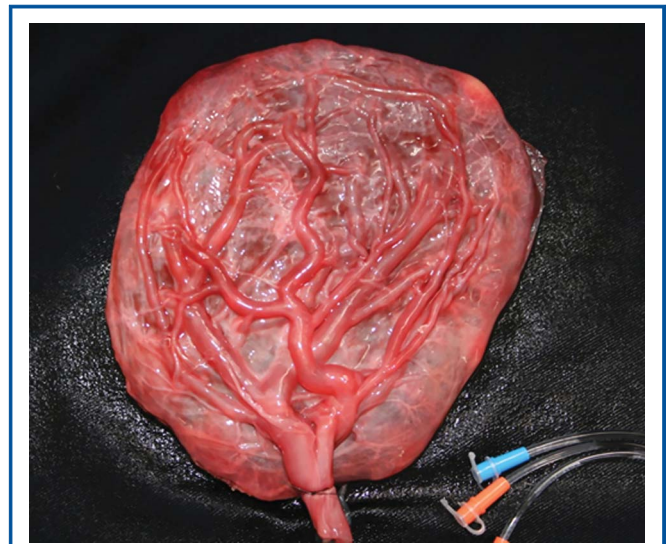
The goal of this study is to describe an aneurysm surgical model that recreates the acquisition and maintenance of the specific microneurosurgical skills used in clipping cerebral aneurysms. Ideally, such a model should be inexpensive, convenient, and readily available; should provide haptic feedback comparable to that of real tissue; and should simulate technically demanding practice. The human placenta is an excellent physical training substrate that can be prepared to simulate various types of human cerebral aneurysms. The technical aspects of making large- and small-necked aneurysms in human placenta and practical exercises simulating vascular microneurosurgical skills are described and discussed.

## METHODS

This project was approved by the ethics committee at the Federal University of Minas Gerais, Brazil, and by the Institutional Review Board for Human Subjects at the Barrow Neurological Institute, St. Joseph's Hospital and Medical Center, Phoenix, Arizona. An informed consent regarding the use of placenta for surgical practice was obtained from appropriate obstetrics patients under the supervision of the research coordinator. Patients who had been screened for infectious diseases were offered the opportunity to donate the placenta by a trained research nurse who also provided consenting for cord blood donation before delivery. The consent was obtained with an Institutional Review Board–approved form. If consent was obtained, the placenta after delivery was placed into a refrigerator for use in the project. Twenty placentas from subjects were obtained over a period of 2 weeks in each of 2 participating institutions.

### Technical Description of Brain Aneurysm Creation in Human Placenta

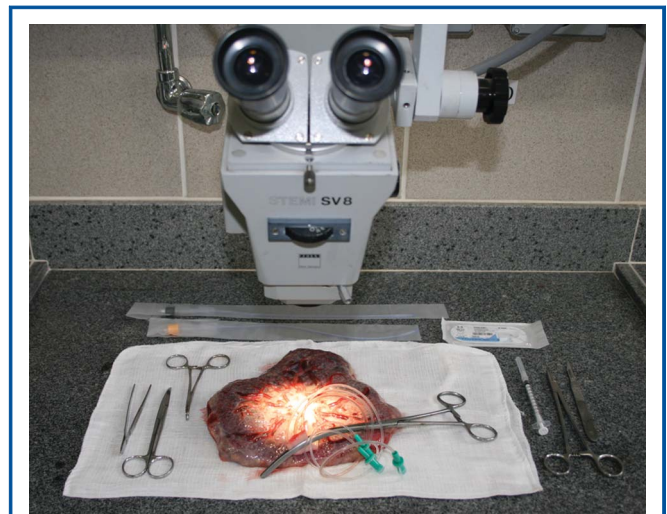
Normal saline was injected into the placental vein and 2 arteries for about 15 minutes to remove all blood and clots from the vessels. The minimum flow pressure needed to remove all clots from the vessels was 70 mm Hg, and the maximal pressure was 90 mm Hg. Flow pressure below the minimal level could not remove all blood clots. Flow pressure above the maximal level damaged the most distal, smaller vessels and could cause distention of more proximal vessel segments. The allantoic membrane was removed from the placental surface to allow better visualization of the vessels (Figure 1).



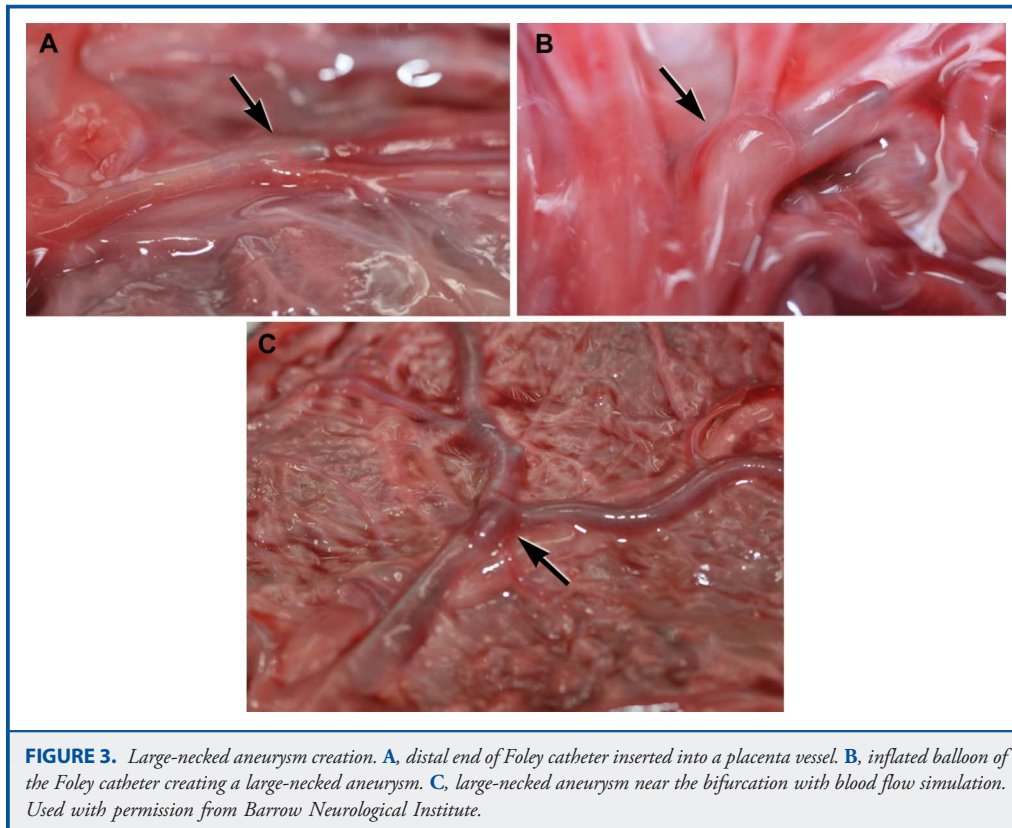
**FIGURE 1.** Human placenta prepared for the procedure to create aneurysms. Used with permission from Barrow Neurological Institute.

The instruments and materials used for aneurysm creation included 6-0 Prolene sutures, 1- and 60-mL syringes, intravenous tubes, a 6F urinary catheter (Foley catheter), a set of microneurosurgical instruments, and an operative microscope (Figure 2). This technique allows the design and creation of various sizes, shapes, and configurations of aneurysms at various locations within the placenta.

Large-necked aneurysms were made by inserting a pediatric 6F Foley balloon catheter into a suitable placenta vessel until it wedged into a vessel 1 to 3 mm in diameter (Figure 3A). The balloon was inflated gently with the use of a 1-mL syringe until the vessel dilated (Figure 3B). A surgical



**FIGURE 2.** Microsurgical setup showing the instruments used to create aneurysms in human placenta. Used with permission from Barrow Neurological Institute.



clamp was then placed at the distal part of the catheter with balloon inflation maintained. The placenta with the catheter in place and balloon inflated was placed into a saline solution and kept in a cool room (4°C–10°C) for 6 to 24 hours. Balloon deflation left behind a large-necked aneurysm (Figure 3C).

Small-necked aneurysms with elongated and round dome shapes were created at the bifurcation of 2- to 4-mm-diameter vessels on the surface of the human placentas. A 6F urinary balloon catheter was introduced through an umbilical vessel just into the distal branch of the chosen bifurcation and inflated. The balloon remained inflated for 6 to 24 hours, allowing the vessel to become distended and fragile. The distended branch was then ligated under microscopic vision with the use of 6-0 suture 6 to 10 mm distal to the bifurcation, with special care taken not to damage the vessel wall. This process allowed the creation of small-necked, saccular-shaped aneurysms (Figure 4A–4D). An aneurysm with an elongated dome shape and enduring wall can be formed by not inflating the catheter before ligation.

### Vascular Microneurosurgical Exercise Scenarios

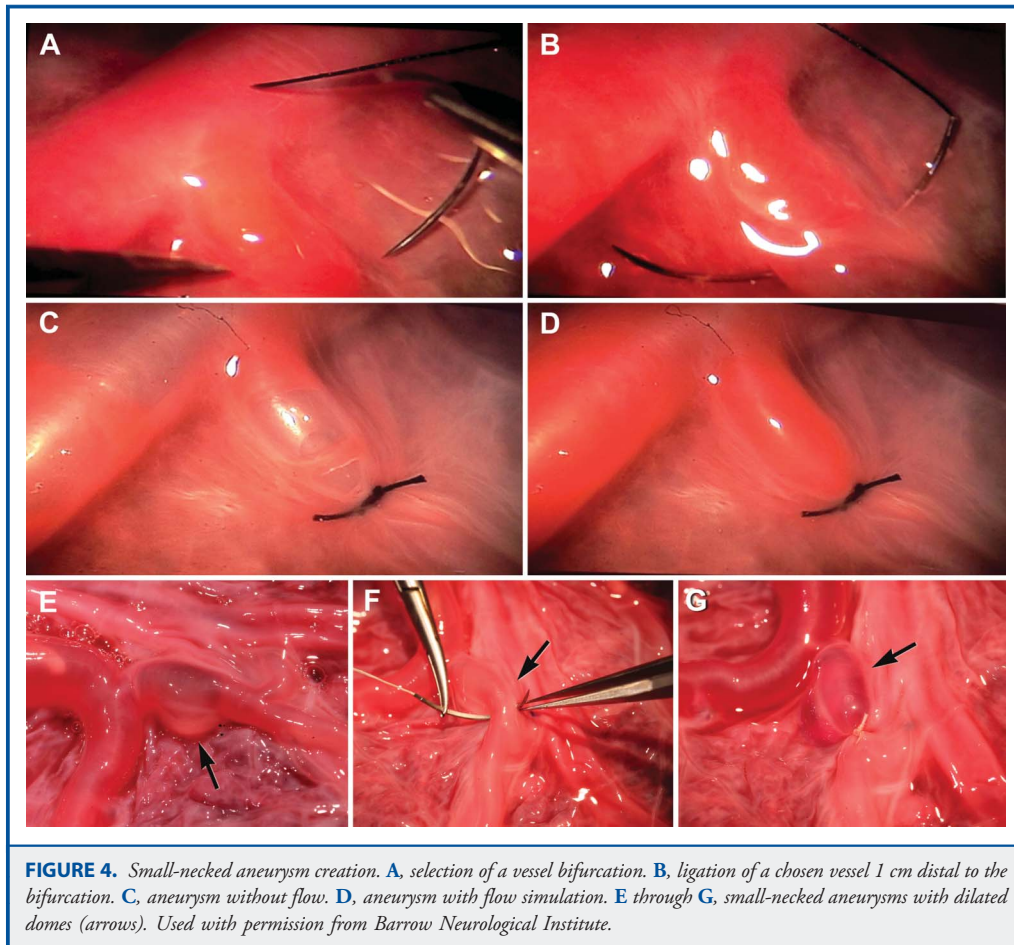
To assess use for training and practice, different types of aneurysm scenarios were created using placentas placed on a flat, rigid surface that provided a comfortable practice environment. The umbilical cord vessels were cannulated with 5F nasogastric tubes and connected to pressurized normal saline infusion lines for simulating arterial blood flow pressure. Training model exercises and the steps involved in each are listed below.

#### Exercise: Direct Clipping of Large- or Small-Necked Aneurysms

1. The aneurysm neck and dome were gently dissected under microscopic vision (Figure 5).
2. The aneurysm neck was manipulated and confirmed to be completely dissected with a microdissector.
3. Various aneurysm clips were applied under microscopic vision (Figure 6).
4. Aneurysm dissection and wrapping with a small piece of latex were practiced (Figure 7).
5. Rupture of the aneurysm was simulated with an insulin needle (Figure 8). Control of bleeding was practiced with a suction device, direct pressure with surgical cottonoids, and placement of an aneurysm clip or wrapping (Figure 7).
6. Aneurysm clip repositioning was practiced.
7. The steps above were repeated with simulation of brain pulsation using the placenta positioned over a rubber balloon that was lightly inflated and deflated at a rate of 70 cycles per minute, simulating brain vascular pulsations.

#### Exercise: Sylvian Fissure–Like Dissection, Clipping of Large- and Small-Necked Aneurysms

1. A placenta with venous blue dye infusion was placed on top of another placenta with a prepared aneurysm. Careful dissection was performed through the superior placenta to locate the aneurysm in



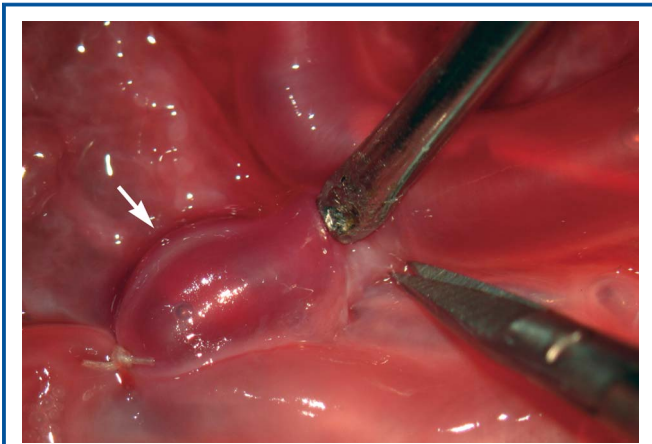
- the inferior placenta in a surgical dissection manner similar to an approach through the sylvian fissure (Figure 9).
2. With the use of the suction tip and microscissors, microdissection of the blue vein from the underlying tissues deep to the bottom of the upper placenta was performed, simulating sylvian fissure dissection (Figure 10A).
  3. Bipolar and suction tips were applied for blind dissection. Brain spatulas were placed to retract chorionic tissue aside, permitting exploration of the underlying aneurysm on the surface of the lower placenta (Figure 10B).
  4. Once the aneurysm was found, its neck and dome were dissected, with care taken to spare small perforating vessels and adherent vessels. A straight Yaşargil clip was then applied to the neck of the aneurysm (Figure 10C). The aneurysm was incised with scissors, simulating rupture. Pressure in the parent vessel could be increased by the pressurized infusion of dark red dye to simulate impeded visualization encountered during a real intraoperative rupture. After bleeding was controlled with suction, the aneurysm was clipped (Figure 10D).
  5. The steps above were performed in a more complicated situation of placement of placentas placed into a cranium model with a craniotomy opening to create a practice environment of restricted movement at the depth of a craniotomy encountered in a real cerebral aneurysm surgery.

These maneuvers were performed by the investigators, whose experience levels range from experienced cerebrovascular neurosurgeons to medical students.

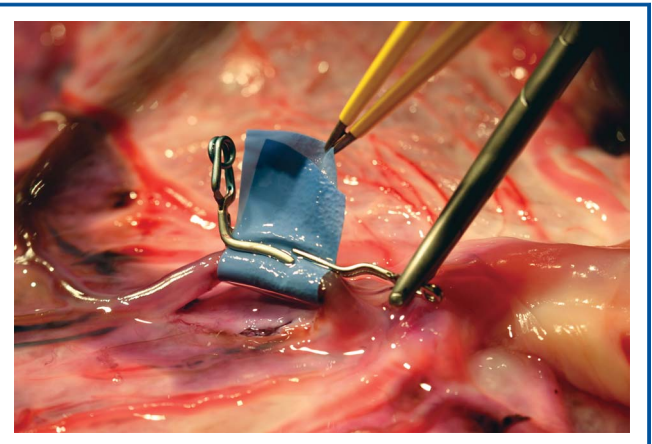
## RESULTS

Thirty-eight of 40 placentas were considered suitable for constructing aneurysms. Aneurysms were easily constructed in vessels from 2 to 10 mm in diameter, and all remained patent for flow. The only difficulties encountered in creating aneurysms included issues with a previously frozen placenta and small umbilical cord vessels (<2 mm) found in an abnormally small placenta. In the former, freezing rendered the vessels friable and without integrity to support the infusion pressure; insertion of the balloon catheter penetrated the friable vessel wall. Major vessels of the latter placenta could not support the catheterization necessary for proper preparation of the smaller, distal placental vessels to wash out blood clots. The remaining 38 placentas could support all aneurysm constructions, exercises, and surgical training scenarios.

Each placenta supported from 10 to 20 large-necked aneurysm scenarios (neck width range, 6-15 mm; dome size range, 1-5 mm) and the same number of small-necked aneurysm scenarios (neck



**FIGURE 5.** Sharp dissection of the small-necked aneurysm using suction tip and microscissors. Used with permission from Barrow Neurological Institute.



**FIGURE 7.** Wrapping the aneurysm with latex. Used with permission from Barrow Neurological Institute.

width range, 1-5 mm; dome size range, 6-15 mm). The aneurysm size depended on the diameter of the chosen vessel and the position of the ligature. Additional size parameters depended on the degree of balloon inflation and tissue resistance. The aneurysms could be stretched by inflating the balloon catheter to create extremely thin-walled structures.

The aneurysms that were produced recreated those found commonly in neurosurgical practice, including wide- or large-necked and narrow- or small-necked aneurysms.

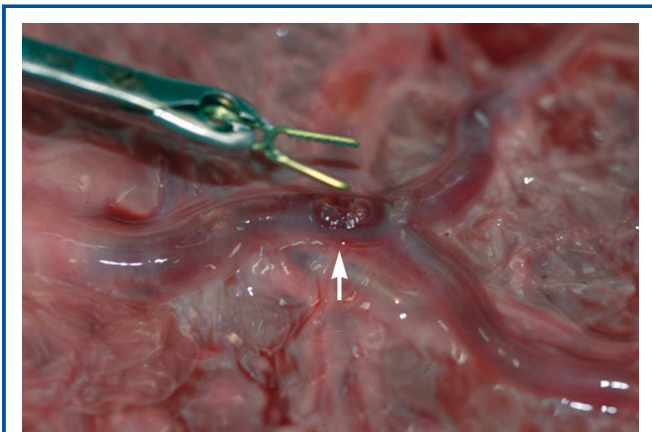
These aneurysms readily accepted aneurysm clips of various sizes with a tissue fidelity very similar to that of intracranial aneurysms.

## DISCUSSION

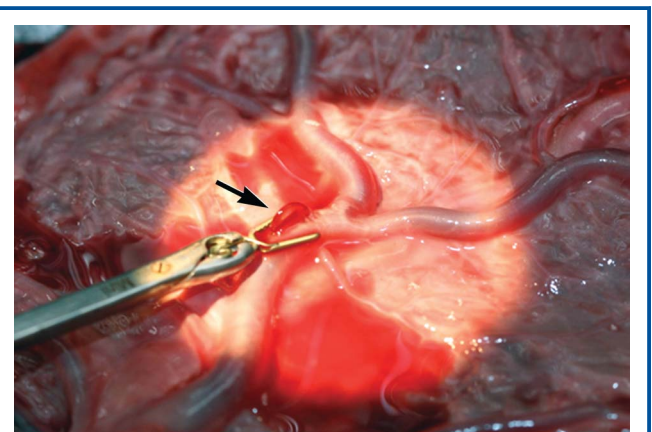
Although several simulation models for aneurysm clipping have been proposed, most carry significant disadvantages (Table).

Currently, few tissue-based models exist for modeling, simulating, or training in open vascular brain surgery. Animal models with surgically built aneurysms for vascular neurosurgery practice have been described.<sup>7,8,13,14</sup> Most animal models for training for aneurysm surgery have used rabbits, swine, or dogs. However, these animals are relatively expensive and require special support facilities and personnel, and there are ethical objections to their use for a training experience. Although the use of real tissue has many advantages, disadvantages include the significant dissection that may be required to find appropriate vessels for use, limitations in accessing the cranium that severely limit (or even preclude) practice with intracranial vessels, small vessel size, and other logistical and setup complications. In addition, training frequency with such models is, at best, inconsistent.

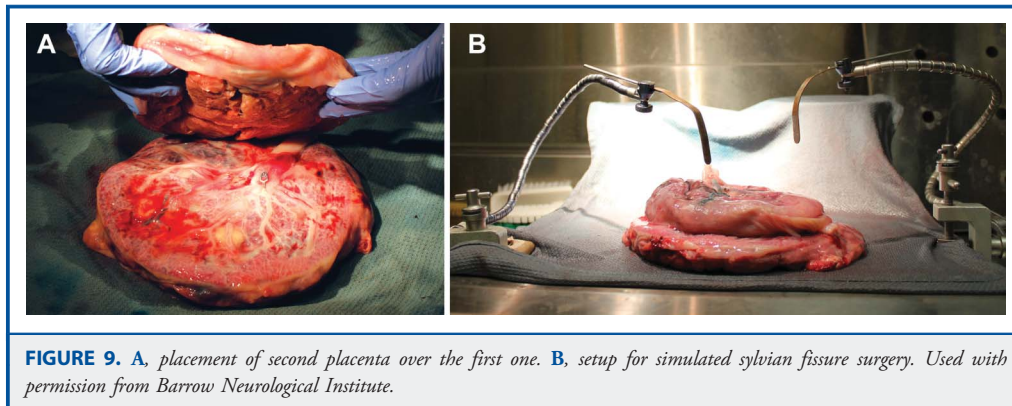
Olabe and Roda<sup>14</sup> described a porcine model for microsurgery of cerebral aneurysms; however, the iterations for dissection and



**FIGURE 6.** Direct clipping of a large-necked aneurysm. Used with permission from Barrow Neurological Institute.

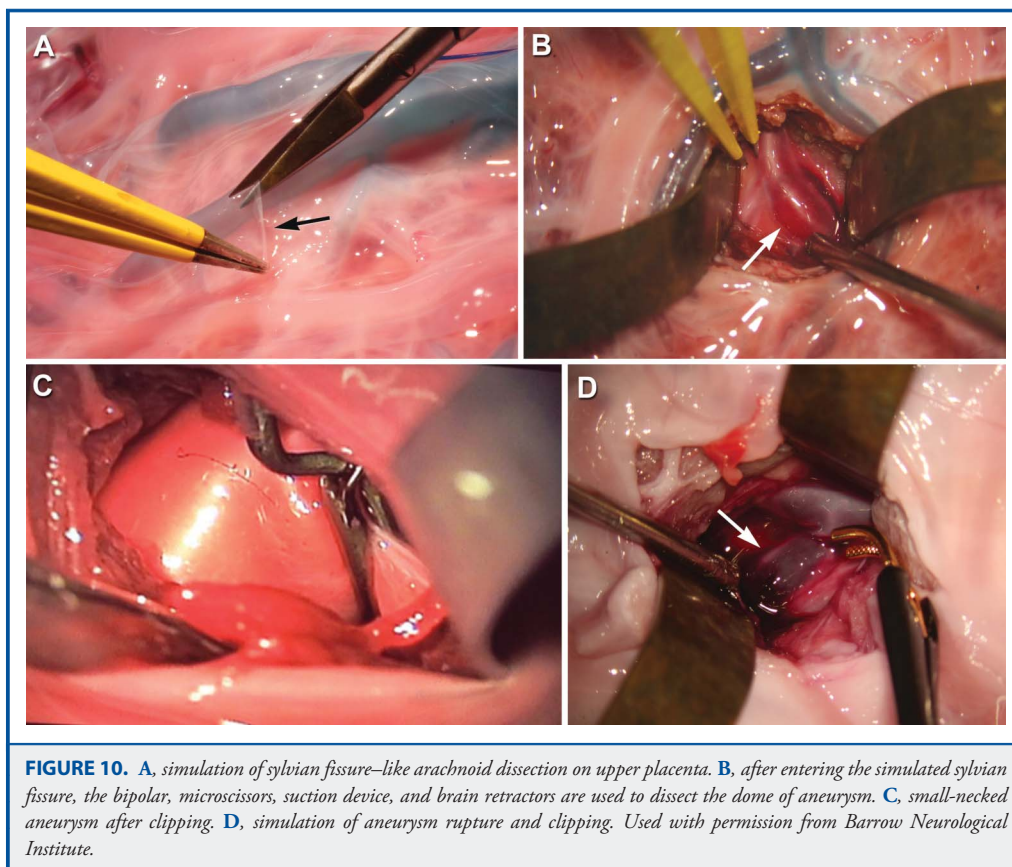


**FIGURE 8.** Simulation of large-necked aneurysm rupture. Used with permission from Barrow Neurological Institute.



clipping were limited. Increasing the numbers of practice iterations for arachnoid dissection was simulated by adding glue to the tissue. Namba et al<sup>15</sup> described a porcine carotid artery model for aneurysm clipping simulation using a sewn-in length of synthetic vessel with preconstructed aneurysms along the wall of the intersewn piece. In our experience with porcine aneurysms, because live aneurysm construction within the cranium is not possible, aneurysms may be constructed using the common carotid artery, but these are relatively large lateral wall aneurysms,

and this type of aneurysm is not often encountered in human cerebral arteries. Bifurcation aneurysms that resemble human cerebral aneurysms may be constructed in the ascending pharyngeal, vertebral, or subclavian arterial territories, but they require lengthy periods to construct and a great deal of surgical skill. Furthermore, the animal must be anticoagulated during construction of at least a second or third aneurysm, further complicating an already impractical surgical creation scenario to yield “practice aneurysms.”<sup>16,17</sup>





**TABLE. Advantages and Disadvantages of Different Aneurysm Models for Microneurosurgical Practice**

<b>Aneurysm Model</b>	<b>Average Cost and Requirements</b>	<b>Ethical Approval Required</b>	<b>Average Time for Model Creation</b>	<b>Trained Skill</b>
Porcine carotid artery aneurysm <sup>12</sup>	\$600-\$2000 per animal, large-animal veterinary services, microvascular surgical support, including general anesthesia	Yes	1-3 h per aneurysm	Dissection, clipping, microsuturing
Rat aorta, carotid, femoral and iliac arteries <sup>11</sup>	\$100-\$200 per animal, small-animal veterinary services, microvascular surgical support, including anesthetic drugs	Yes	3 h per aneurysm	Dissection, clipping, microsuturing
3-Dimensional printing <sup>6</sup>	\$1800-\$2200, data processing, 3-dimensional printer	No	1-15 d, including 1-2 d for data processing and printing, 1-13 d for ordering and model delivery	Anatomy inspection, clipping
Surgery Rehearsal Platform (virtual model) <sup>5</sup>	\$250 000-\$350 000, imaging and research staff support	No	0.3 h for data processing	Anatomy inspection, clipping
Human placenta	Obstetrical service, microsurgical instruments, refrigerator, normal saline, catheters, pump	Yes	0.5 h placenta washing, 0.25 h small-necked aneurysm creation, 6 h large-necked aneurysm creation	Dissection, clipping, microsuturing

<b>Haptic Feedback Similar to Brain Vessels</b>	<b>Different Shapes of Aneurysm</b>	<b>Arachnoidal Dissection</b>	<b>Different Levels of Difficulty</b>	<b>Reproduction of Human Anatomy</b>
Yes	Yes, mostly lateral wall aneurysms unless using high carotid segments, vertebral arteries, or subclavian artery branches to create bifurcation aneurysms	There are limited similar tissues to arachnoid	High level of microsurgical skills needed for model creation	No, except with creation of bifurcation aneurysms, which involve difficult access
Yes	Yes, small aneurysms	There are limited tissues similar to arachnoid	High level of microsurgical skills needed for model creation	No
No	Yes	No	No	Yes, actual case
No	Yes, but lacks actual tissue interaction and distortion	No	No	Yes, actual case, but largely imaging based
Yes, interposed tissue feedback similar to brain tissue	Yes	Yes	Yes	No

Rats are likely a more convenient and less complicated animal substrate for aneurysm models; however, the constructed aneurysms are very small. Furthermore, in many locations, rats are not easily obtained, may be expensive, and require veterinary services. Scholz et al<sup>8</sup> created arterial and venous pouch aneurysms, whereas Mucke et al<sup>18</sup> reproduced arterial aneurysms at the aortic bifurcation in rats. Chicken wing<sup>19</sup> and turkey neck<sup>20</sup> vessel models are inexpensive and available, but, like the rat model, they are more suitable for microvascular anastomosis training, not for aneurysms.<sup>21</sup>

Physical perfusion models have been described that use an infusion pump for blood flow simulation, eg, using cadaveric heads.<sup>2</sup> The biological models that use the perfusion system can simulate aneurysm rupture, which allows the trainee to deal with this stressful emergency surgical situation. However, obtaining the necessary preserved cadaveric head specimens may be difficult and expensive, and laboratory personnel must prepare such specimens. Although the practice of operating on a true human vessel through a craniotomy may be advantageous for teaching surgical approaches, fixation solutions change the characteristics of the cerebral vessels, leaving them stiff and friable.

Kimura et al<sup>7</sup> reported the use of a hollow 3-dimensional aneurysm model to simulate clipping preoperatively. Although convenient for production of aneurysms, the model does not recreate tissue properties similar to real vessels, and there is no tissue dissection. Silicon-rubber models are artificial devices with a tissue consistency that is not appropriate for learning how to handle real tissue.<sup>10,22</sup> Such a model seems to be more suited to assessing treatment preoperatively rather than as a practical exercise model.

Virtual reality neurosurgical simulations have been created and are elegant, colorful idealized models allowing recreation of specific subtasks of surgical procedures on the screen of a computer monitor. Individual anatomic nuances, preoperative surgical planning of proper clip orientation during the aneurysm clipping, and craniotomy design can be simulated in detail on virtual models. Although visually seductive, most virtual reality simulators such as the NeuroTouch system (National Research Council Canada, Boucherville, Quebec, Canada),<sup>2</sup> Surgery Rehearsal Platform,<sup>22</sup> and Dextroscope<sup>23</sup> are based largely on imaging “cutaways,” do not involve small structures or tissue deformation, and lack complete realism and fine haptic tissue feedback. These are critical factors that impede the acquisition and improvement of specific manual skills. In addition, the high cost of these simulators limits their use to a few highly specialized centers in the world.

Human placentas have been used in microsurgical training since 1979.<sup>24</sup> Their use has been adopted in many surgical specialties, including neurosurgery, but only for microanastomosis practice.<sup>25</sup> For the purposes of cerebrovascular training, the vessels are of a caliber and branching pattern similar to those found in the brain, and the overlying membranes are similar (although somewhat thicker) to the arachnoid membranes. The feel of the tissue and strength of the placenta in the laboratory are subjectively much like that of the living brain. In addition, no

other model offers a lifelike simulation of sylvian fissure dissection using biological tissue. Despite the many advantages of this model, there are still limitations to the use of placentas. In this study, the placenta aneurysm model was prepared without real blood; therefore, the influence of the coagulation cascade on surgery cannot be simulated. For example, acute thrombus formation is a complication that can occur in brain aneurysm surgery but could not be simulated with this model. However, this aspect is not the major focus for this training model.

Compared with animal and virtual models, the placenta aneurysm model is inexpensive, is conveniently obtained and stored, is easy to prepare, and allows the construction of numerous aneurysms of various shapes, sizes, configurations, and locations. Importantly, the human placenta allows practice with real tissue that is similar in handling characteristics and sizes to that of human cerebral vessels and can allow aneurysms to be constructed that closely resemble those in the brain. For the most part, human placentas are abundant and obtained from the pathology department of any hospital where obstetric care is performed; however, the use of human tissue requires proper procedures, precautions, and appropriate permission. However, given that 1 placenta can be used for making many aneurysms and exercises can thus be repeated exhaustively, this tissue model seems to be an efficient and effective neurosurgical training tool compared with the alternatives.

The presented model can be a useful tool for first exposure of neurosurgical residents to work with the microscope, bipolar forceps, suction device, brain retractor, and microsurgical instruments. During sharp dissection, the aneurysm wall can be damaged, producing a stressful situation simulating aneurysm rupture, which is an invaluable training scenario before exposure to real intraoperative rupture. Other realistic situations also can occur such as incomplete clipping, narrowing of the parent vessel, clip sliding toward the aneurysm dome, and compromise of a small perforating branch. After clip application, one can check the proper clip position on the aneurysm neck and check other mistakes and correct them.

Even though the human placenta model has many advantages as an aneurysm training model, it is not without limitations. The fresh human placenta can be used for only 1 to 2 weeks and, optimally, must be used within the first 3 to 5 days. After this time, the human placenta vessels start to decay, and the vessel walls become weaker, more difficult to dissect and suture, and tightly adherent to the adjacent tissue. Although this makes it difficult to separate the vessel from the basilar part of the human placenta and prolongs the aneurysm clipping training time, it helps the trainee learn to dissect the vessel freely. Another limitation of human placenta is that it does not supply a real brain environment to the trainee. This limitation can be overcome by placing the human placenta model into a skull to better simulate a real-life working environment while maintaining its convenience and expense advantages over printed models. The most important limitation of human placenta is that we can make only small-necked and large-necked aneurysm models. Creating complex aneurysm models remains a challenge with human placenta. Despite these

limitations, we believe the model performs well and offers tremendous promise as a neurosurgery training tool.

## CONCLUSION

The human placenta provides an inexpensive, convenient biological model for modeling cerebral aneurysms with high fidelity to neural tissue. In addition, it can be used to create aneurysms of various morphologies. Although no perfect model exists for reproducing the experience of operating on the human brain, the cerebral aneurysm model presented in this study using human placentas has many similarities to human surgical conditions that make it a useful tool worthy of further exploration for neurosurgical training. Neurosurgical residents and trainees around the world may benefit from exposure to this convenient and readily available model, with which they may gain familiarity and practice with critical surgical maneuvers such as those used in aneurysm treatments.

## Disclosure

Dr Belykh is supported by a scholarship from the President of the Russian Federation SP-156.2013.4. Dr Lei is supported by a grant from the Barrow Neurological Foundation. The other authors have no personal, financial, or institutional interest in any of the drugs, materials, or devices described in this article.

## REFERENCES

- Ahmed N, Devitt KS, Keshet I, et al. A systematic review of the effects of resident duty hour restrictions in surgery: impact on resident wellness, training, and patient outcomes. *Ann Surg*. 2014;259(6):1041-1053.
- Aboud E, Al-Mefty O, Yasargil MG. New laboratory model for neurosurgical training that simulates live surgery. *J Neurosurg*. 2002;97(6):1367-1372.
- Price J, Naik V, Boodhwani M, Brandys T, Hendry P, Lam BK. A randomized evaluation of simulation training on performance of vascular anastomosis on a high-fidelity in vivo model: the role of deliberate practice. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2011;142(3):496-503.
- Malone HR, Syed ON, Downes MS, D'Ambrosio AL, Quest DO, Kaiser MG. Simulation in neurosurgery: a review of computer-based simulation environments and their surgical applications. *Neurosurgery*. 2010;67(4):1105-1116.
- Bath J, Lawrence P. Why we need open simulation to train surgeons in an era of work-hour restrictions. *Vascular*. 2011;19(4):175-177.
- Bambakidis NC, Selman WR, Sloan AE. Surgical rehearsal platform: potential uses in microsurgery. *Neurosurgery*. 2013;73(suppl 1):122-126.
- Kimura T, Morita A, Nishimura K, et al. Simulation of and training for cerebral aneurysm clipping with 3-dimensional models. *Neurosurgery*. 2009;65(4):719-725; discussion 725-726.
- Scholz M, Mucke T, Düring M, Pechlivanis I, Schmieder K, Harders AG. Microsurgically induced aneurysm models in rats, part I: techniques and histological examination. *Minim Invasive Neurosurg*. 2008;51(2):76-82.
- Wetzel SG, Ohta M, Handa A, et al. From patient to model: stereolithographic modeling of the cerebral vasculature based on rotational angiography. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2005;26(6):1425-1427.
- Chueh JY, Wakhloo AK, Gounis MJ. Neurovascular modeling: small-batch manufacturing of silicone vascular replicas. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2009;30(6):1159-1164.
- Raymond J, Salazkin I, Gevry G, Nguyen TN. Interventional neuroradiology: the role of experimental models in scientific progress. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2007;28(3):401-405.
- Yatomi K, Yamamoto M, Mitome-Mishima Y, et al. New experimental model of terminal aneurysms in swine: technical note. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*. 2012;73(6):397-400.
- Desender LM, Van Herzele I, Aggarwal R, Vermassen FE, Cheshire NJ. Training with simulation versus operative room attendance. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2011;52(1):17-37.
- Olabe J, Roda J. Microsurgical cerebral aneurysm training porcine model. *Neurol India*. 2011;59(1):78-81.
- Namba K, Mashio K, Kawamura Y, Higaki A, Nemoto S. Swine hybrid aneurysm model for endovascular surgery training. *Interv Neuroradiol*. 2013;19(2):153-158.
- Becker TA, Preul MC, Bichard WD, Kipke DR, McDougall CG. Preliminary investigation of calcium alginate gel as a biocompatible material for endovascular aneurysm embolization in vivo. *Neurosurgery*. 2007;60(6):1119-1127; discussion 1127-1128.
- Brennecke CR, Preul MC, Vernon BL. In vitro delivery, cytotoxicity, swelling, and degradation behavior of a liquid-to-solid gelling polymer system for cerebral aneurysm embolization. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2012;100(5):1298-1309.
- Mucke T, Holzle F, Wolff KD, Harders A, Scholz M. Microsurgically induced pure arterial aneurysm model in rats. *Cent Eur Neurosurg*. 2011;72(1):38-41.
- Hino A. Training in microvascular surgery using a chicken wing artery. *Neurosurgery*. 2003;52(6):1495-1497; discussion 1497-1498.
- Colpan ME, Slavin KV, Amin-Hanjani S, Calderon-Arnuphi M, Charbel FT. Microvascular anastomosis training model based on a turkey neck with perfused arteries. *Neurosurgery*. 2008;62(5 suppl 2):ONS407-ONS410; discussion ONS410-ONS401.
- Abla AA, Uschold T, Preul MC, Zabramski JM. Comparative use of turkey and chicken wing brachial artery models for microvascular anastomosis training. *J Neurosurg*. 2011;115(6):1231-1235.
- Hwang G, Oh CW, Park SQ, Sheen SH, Bang JS, Kang HS. Comparison of different microanastomosis training models: model accuracy and practicality. *J Korean Neurosurg Soc*. 2010;47(4):287-290.
- Kockro RA, Serra L, Tseng-Tsai Y, et al. Planning and simulation of neurosurgery in a virtual reality environment. *Neurosurgery*. 2000;46(1):118-135; discussion 135-137.
- Goldstein M. Use of fresh human placenta for microsurgical training. *J Microsurg*. 1979;1(1):70-71.
- Romero FR, Fernandes ST, Chaddad-Neto F, Ramos JG, Campos JM, Oliveira E. Microsurgical techniques using human placenta. *Arq Neuropsiquiatr*. 2008;66(4):876-878.

## COMMENTS

In their article, the authors report on their first experiences using a human placenta model as a new teaching tool to clip cerebral aneurysms.

The underlying idea of the authors is very interesting and innovative. It is the goal of this article to demonstrate a new tool allowing neurovascular beginners to learn how to dissect the sylvian fissure, parent vessels, and aneurysms in a model that in terms of the tissue characteristics is very similar to cerebral vessels.

The first steps as a neurovascular surgeon are of course difficult because the surgeon has to learn to work microsurgically in a very complex and delicate 3-dimensional space. As we all know, handling of the micro-instruments is already a challenge in itself. In addition, the surgeon has to deal with a situation that will become critical if the tissue is not handled with the necessary carefulness. The authors are therefore to be congratulated on their idea to provide neurovascular trainees with an elegant, easily available tool that lets them have their first experiences with microsurgery and aneurysms in a simulated environment. Their idea has the potential to make the learning process for neurovascular trainees and their patients safer.

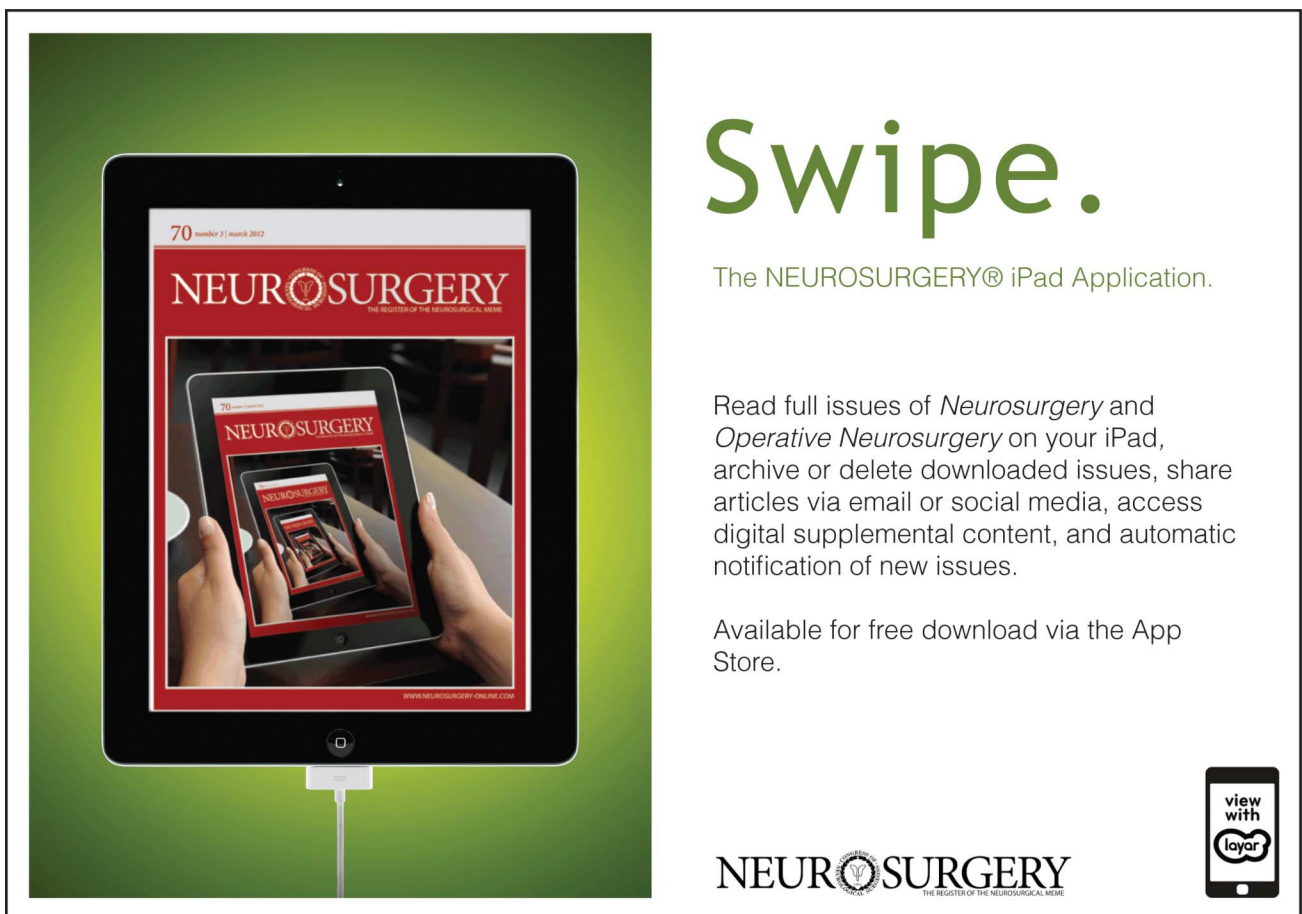
**Axel Thomas Stadie**  
Mannheim, Germany

The authors describe a novel human placenta simulation model for direct aneurysmal clipping. The model is easily reproducible, is relatively available, and affords good haptic feedback. Small- and wide-necked aneurysms were created, and pumped saline solution was used to simulate arterial blood flow.

Aneurysm surgery is technically demanding and requires good anatomic knowledge of the blood vessels at the skull base and cerebral fissures. In a significant number of centers, most aneurysms are currently treated

endovascularly as a first option, thus contributing to the decline in neurosurgical skills. The art of arachnoid dissection, tissue handling, and sulcal opening is decreasing, especially in the younger generation of neurosurgeons. This model, although not perfect, should help in maintaining some of the skill required.

**Jafar Jewad Jafar**  
New York, New York



# Swipe.

The NEURO SURGERY® iPad Application.

Read full issues of *Neurosurgery* and *Operative Neurosurgery* on your iPad, archive or delete downloaded issues, share articles via email or social media, access digital supplemental content, and automatic notification of new issues.

Available for free download via the App Store.

view with iLayar

**NEURO SURGERY**  
THE REGISTER OF THE NEUROLOGICAL SURGEONS

Apple and iPad are trademarks of Apple Inc., registered in the U. S. and other countries. App Store is a service mark of Apple Inc.

**ANEXO C – *Test-Retest reliability validation of human placenta main vessels anatomical description to guide ex vivo neurosurgical simulation* (Artigo submetido. Em processo de revisão)**


Editorial Manager®  
Role: Author Username: macelomagaldi

[HOME](#) • [LOGOUT](#) • [HELP](#) • [REGISTER](#) • [UPDATE MY INFORMATION](#) • [JOURNAL OVERVIEW](#)  
[MAIN MENU](#) • [CONTACT US](#) • [SUBMIT A MANUSCRIPT](#) • [INSTRUCTIONS FOR AUTHORS](#)

**Incomplete Submissions for Author Marcelo Magaldi Oliveira, MD, PhD**

The 'Edit Submission' link allows you to fix or alter your submission. Please use Edit Submission to make changes to the meta-data and to remove and upload new files that make up your submission.

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Display 10 results per page.

Action	Title	Date Submission Began	Status Date	Current Status
<a href="#">Action Links</a>	Test-retest reliability validation of human placenta main vessels anatomical description to guide ex vivo neurosurgical simulation	Jul 27 2015 8:27PM	Jul 27 2015 8:54PM	Incomplete

Page: 1 of 1 (1 total submissions) Display 10 results per page.

[<< Author Main Menu](#)



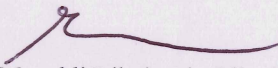
## FOLHA DE APROVAÇÃO

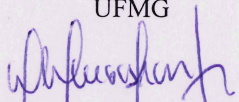
**PLACENTA HUMANA COMO MODELO DE TREINAMENTO PARA CIRURGIAS DE ANEURISMAS CEREBRAIS.**

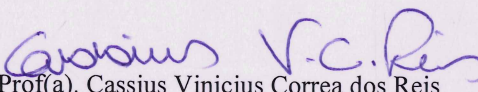
### **JOSE AUGUSTO MALHEIROS DOS SANTOS FILHO**

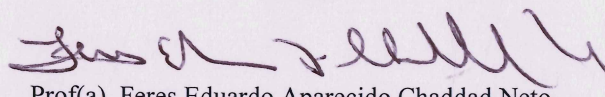
Tese submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS APLICADAS À CIRURGIA E À OFTALMOLOGIA, como requisito para obtenção do grau de Doutor em CIÊNCIAS APLICADAS À CIRURGIA E À OFTALMOLOGIA.

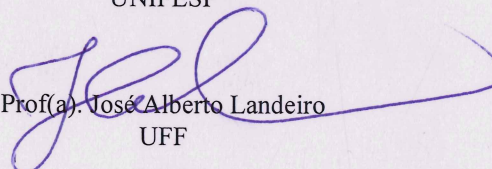
Aprovada em 29 de julho de 2015, pela banca constituída pelos membros:

  
Prof(a). Marcelo Magaldi Ribeiro de Oliveira - Orientador  
UFMG

  
Prof(a). Aluizio Augusto Arantes Junior  
UFMG

  
Prof(a). Cassius Vinicius Correa dos Reis  
UFMG

  
Prof(a). Feres Eduardo Aparecido Chaddad Neto  
UNIFESP

  
Prof(a). José Alberto Landeiro  
UFF

Belo Horizonte, 29 de julho de 2015.



## ATA DA DEFESA DE TESE DO ALUNO JOSE AUGUSTO MALHEIROS DOS SANTOS FILHO

Realizou-se, no dia 29 de julho de 2015, às 09:30 horas, Auditório CETES, da Faculdade de Medicina Universidade Federal de Minas Gerais, a defesa de tese, intitulada **PLACENTA HUMANA COMO MODELO DE TREINAMENTO PARA CIRURGIAS DE ANEURISMAS CEREBRAIS**, apresentada por **JOSE AUGUSTO MALHEIROS DOS SANTOS FILHO**, número de registro 2011661794, graduado no curso de MEDICINA, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em CIÊNCIAS APLICADAS À CIRURGIA E À OFTALMOLOGIA, à seguinte Comissão Examinadora: Prof(a). Marcelo Magaldi Ribeiro de Oliveira - Orientador (UFMG), Prof(a). Aluizio Augusto Arantes Junior (UFMG), Prof(a). Cassius Vinicius Correa dos Reis (UFMG), Prof(a). Feres Eduardo Aparecido Chaddad Neto (UNIFESP), Prof(a). José Alberto Landeiro (UFF).

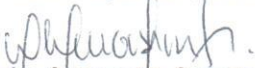
A Comissão considerou a tese:

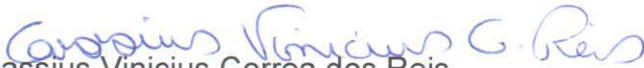
- ( ) Aprovada  
( ) Reprovada  
 Aprovada com modificações

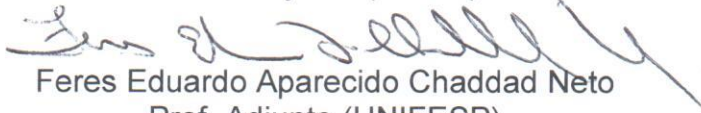
Finalizados os trabalhos, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada pelos membros da Comissão.

Belo Horizonte, 29 de julho de 2015.

  
Marcelo Magaldi Ribeiro de Oliveira  
Prof. Adjunto ( UFMG)

  
Aluizio Augusto Arantes Junior  
Prof. Adjunto ( UFMG)

  
Cassius Vinicius Correa dos Reis  
Prof. Adjunto (UFMG)

  
Feres Eduardo Aparecido Chaddad Neto  
Prof. Adjunto (UNIFESP)

  
José Alberto Landeiro  
Prof. Adjunto (UFF)