



电子、语音版

·论著·

## 神经内镜高血压脑出血手术 3D 打印训练模型及培训方法

朱俊豪<sup>1</sup>, 唐超<sup>1</sup>, 苑锋<sup>1</sup>, 蔡祥铭<sup>2</sup>, 杨进<sup>1</sup>, 耿渊明<sup>3</sup>, 衣力亚尔·艾力<sup>3</sup>, 马驰原<sup>1</sup>

1. 南京大学医学院附属金陵医院神经外科, 江苏 南京 210002

2. 东南大学医学院, 江苏 南京 210000

3. 南京医科大学附属金陵临床医学院, 江苏 南京 210002

**摘要:**目的 设计一款用于神经内镜下高血压脑出血手术血肿清除以及渗血止血操作训练的 3D 打印模型。方法 模型分为颅骨部、血肿部以及渗血部。使用猪血模拟血肿, 用琼脂溶液模拟脑组织。学员在内镜下清除血肿, 并进行渗血止血操作训练。记录下学员清除血肿的重量以及止血操作所用时间来计算训练得分。结果 共有 32 位学员完成清除血肿操作, 15 位学员完成止血操作。有内镜经验组相比于无内镜经验组, 其清除血肿重量、止血操作所用时间和总得分均表现更好( $P<0.05$ )。使用该模型进行训练和通过传统方式学习(手术视频讲解)的住培学员调查问卷结果显示, 该模型在教学上的价值高于传统学习方式。结论 研发了首款可同时用于练习血肿清除以及渗血止血操作技术的 3D 打印模型。[国际神经病学神经外科学杂志, 2023, 50(2): 40–43]

**关键词:**神经内镜; 高血压脑出血; 3D 打印模型; 渗血止血

中图分类号: R615.12

DOI: 10.16636/j.cnki.jinn.1673-2642.2023.02.008

## Design and development of a three-dimensional printed training model for neuroendoscopic evacuation surgery for hypertensive intracerebral hemorrhage

ZHU Junhao<sup>1</sup>, TANG Chao<sup>1</sup>, YUAN Feng<sup>1</sup>, CAI Xiangming<sup>2</sup>, YANG Jin<sup>1</sup>, GENG Yuanming<sup>3</sup>, ALI Alleyar<sup>3</sup>, MA Chiyuan<sup>1</sup>

1. Department of Neurosurgery, Jinling Hospital, Affiliated Hospital of Medical School, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210002, China

2. School of Medicine, Southeast University, Nanjing, Jiangsu 210000, China

3. Jinling Hospital of Medical School, Nanjing Medical University, Nanjing, Jiangsu 210002, China

Corresponding author: MA Chiyuan, Email: machiyuan\_nju@126.com

**Abstract:** **Objective** To design and develop a three-dimensional printed training model for practicing the skills of hematoma evacuation and hemostasis of oozing bleeding in neuroendoscopic evacuation surgery for hypertensive intracerebral hemorrhage. **Methods** The model was divided into skull part, hematoma part, and oozing bleeding part. Pig blood was used to simulate hematoma, and agar solution was used to simulate brain tissue. Trainees needed to evacuate the hematoma under an endoscope and practice the hemostasis of oozing bleeding. The weight of the hematoma evacuated and the time needed for hemostasis were recorded for each trainee to calculate the training score. **Results** A total of 32 trainees completed hematoma evacuation and 15 trainees completed hemostasis. Compared with the group without experience in endoscopy, the group with experience in endoscopy had better performance in the weight of the hematoma evacuated, the time needed for hemostasis, and total score ( $P<0.05$ ). A questionnaire survey was performed among the resident trainees who used this

收稿日期: 2022-03-19; 修回日期: 2023-04-13

作者简介: 朱俊豪(1995—), 男, 南京大学医学院附属金陵医院神经外科医师, 医学博士, 主要从事脑出血、脑肿瘤的临床与基础研究, Email: neurosurgeryplus@163.com。

通信作者: 马驰原(1975—), 男, 南京大学教授、博士生导师, 南京大学医学院附属金陵医院神经外科主任, 医学博士, 主要从事颅脑肿瘤、颅脑外伤等方面的研究, Email: machiyuan\_nju@126.com。

model or conventional learning method (explanation of surgery videos), and the results showed that this model had a better teaching value than the conventional learning method. **Conclusion** This study develops the first three-dimensional printed model for practicing the basic skills of hematoma evacuation and hemostasis of oozing bleeding at the same time.

[Journal of International Neurology and Neurosurgery, 2023, 50(2): 40–43]

**Keywords:** neuroendoscopy; hypertensive intracerebral hemorrhage; three-dimensional printed model; hemostasis of oozing bleeding

高血压脑出血 (hypertensive intracerebral hemorrhage, HICH) 指由高血压引起的脑血管破裂所致脑实质内出血, 其总体预后不佳, 30 d 病死率约为 30%, 1 年病死率约为 54%<sup>[1-3]</sup>。

随着神经内镜技术的成熟与推广, 内镜治疗 HICH 较传统开颅血肿清除术及穿刺引流联合溶栓治疗显示出了一定的优势, 其在微创治疗的同时保证了良好的手术视野, 具有较高的血肿清除率及安全性<sup>[4-7]</sup>, 而在真正进行内镜手术前进行一定的训练十分重要<sup>[8]</sup>。

本研究设计了一款用于神经内镜下 HICH 手术训练的 3D 打印模型, 可用于血肿清除以及术中止血的训练, 并建立了相应的培训及评价方法。

## 1 材料与方法

### 1.1 模型设计与制作

采用 3D 打印方法制作模型, 模型分为颅骨部、血肿部以及渗血部 (图 1 A)。以颅骨部冠状缝前 2~3 cm、中线旁开 3~4 cm 处为中心设计一 3 cm × 3 cm 骨窗, 骨窗下为放置血肿部的通道, 通道底部指向基底节区。血肿部为可替换模块, 放置于颅骨部的骨窗开口内。血肿部的最下层放置渗血部, 模拟的血肿 (猪血) 放于渗血部之上, 血肿的上层放置模拟的脑组织 (2 g 琼脂: 100 mL 的水)。渗血部为表面有一薄膜的储血装置, 并通过细管道与泵血装置相连 (图 1 B)。

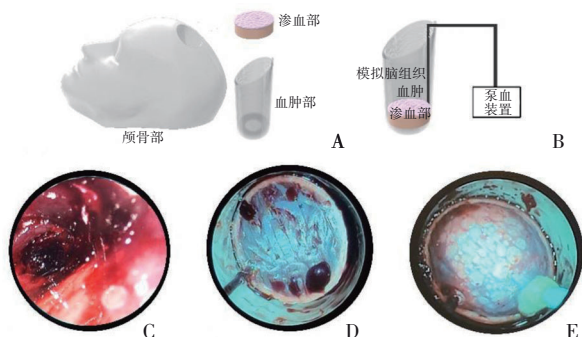


图 1 模型结构及操作示意图  
A: 模型的颅骨部、血肿部以及渗血部; B: 渗血装置安装示意图; C: 内镜下清除血肿; D: 内镜下观察到渗血部在出血; E: 内镜下使用流体明胶进行止血。

### 1.2 训练

本次培训依托国家卫生健康委脑出血外科诊疗能力提升项目系列培训—南京站 (2021 年 10 月 24 日), 所用设备及器械, 包括便携式内镜及摄像系统 (海南海同顺医疗器械有限公司)、可吸收止血流体明胶 (强生)、透明导管鞘以及吸引器等。

操作者在训练时, 首先置入透明导管鞘, 置入时应减少对模拟脑组织的损伤, 然后置入内镜观察并清除血肿 (图 1 C), 适当改变透明导管鞘的角度来更好地观察和清除血肿, 记录操作者在 5 min 内清除血肿的重量。

操作者完成血肿清除操作后, 打开泵血装置, 渗血部开始渗出血液, 操作者需用流体明胶及棉片等进行止血 (图 1 D 和 E), 直至完成止血 (最多操作 5 min), 记录止血所用时间。

### 1.3 操作评分办法

评分原则为清除越多的血肿, 止血操作所用时间越短, 则得分越高。

具体计算公式为:  $S = 30 + W + 50 \times \cos[(\pi/10) \times (T/60)]$ 。其中 W 为吸除的血肿的重量, T 为止血所用时间。

### 1.4 问卷调查

为了评判该模型的临床教学应用价值, 向本单位使用过模型训练的 5 位住培学员和 5 位通过传统学习方式 (手术视频讲解) 学习的住培学员发放调查问卷, 以调查该模型与传统学习方式对学员所带来的帮助。

### 1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件进行分析, 计量资料采用均数 ± 标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 比较采用 t 检验; 以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 参与训练学员

共有来自全国 10 个省及自治区、直辖市的 32 位学员参加了此次培训。其中, 副主任及以上共 23 人, 主治医师共 9 人; 有内镜经验者有 24 人, 无内镜经验者有 8 人。

### 2.2 训练成绩

全部学员均完成清除血肿操作。平均清除血肿重量方面: 高年资组 ( $n=23$ ) 与低年资组 ( $n=9$ ) 比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 有内镜经验组 ( $n=24$ ) 高于无内镜经验组 ( $n=8$ ) ( $P < 0.05$ )。

有15位学员完成了止血操作。平均止血操作时间方面:高年资组( $n=11$ )与低年资组( $n=4$ )比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ );有内镜经验组( $n=11$ )短于无内镜经验组( $n=4$ )( $P<0.05$ )。

汇总完成血肿清除操作及止血操作的学员的数据,计算总得分:高年资组( $n=11$ )与低年资组( $n=4$ )比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ ),有内镜经验组( $n=11$ )高于无内镜经验组( $n=4$ )( $P<0.05$ )。见表1。

表1 神经内镜高血压脑出血手术培训训练成绩及比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

项目	组别	具体值	统计值	组别	具体值	统计值
清除血肿重量/g	高年资组	13.13±2.34	$t=1.133$	有内镜经验组	13.88±2.27	$t=2.201$
	低年资组	14.11±1.76	$P=0.266$	无内镜经验组	12.00±1.31	$P=0.036$
止血操作时间/s	高年资组	89.00±23.59	$t=0.720$	有内镜经验组	81.45±22.95	$t=3.227$
	低年资组	100.75±39.19	$P=0.485$	无内镜经验组	121.50±14.18	$P=0.007$
得分	高年资组	87.37±4.28	$t=0.235$	有内镜经验组	88.77±3.72	$t=2.934$
	低年资组	86.76±4.84	$P=0.818$	无内镜经验组	82.89±2.20	$P=0.012$

2.3 与传统学习方法的比较

调查问卷结果显示,使用本模型训练的住培学员与通过传统方式学习的住培学员在对手术整体操作步骤掌

握、对止血操作掌握和作为教学训练工具价值方面的得分比较,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),本模型得分均高于传统学习方式。见表2。

表2 神经内镜高血压脑出血手术培训调查问卷 ( $n=5, \bar{x} \pm s$ )

评分项(每项满分10分)	使用本模型训练的住培学员	通过传统方式学习的住培学员	$t$ 值	$P$ 值
对手术整体操作步骤的掌握	7.80±0.84	6.20±0.84	3.024	0.017
对清除血肿操作的掌握	7.40±1.14	6.80±1.11	0.849	0.421
对止血操作的掌握	7.20±0.84	5.00±0.71	4.491	0.002
作为教学训练工具的价值	8.00±0.71	6.40±0.55	4.000	0.004

3 讨论

内镜手术相比于传统开颅血肿清除术具有一定的优势,如可抵近观察、角度内镜使视野盲区更小等,理论上可取得更好的疗效。

Cho等<sup>[4]</sup>比较了内镜手术与传统开颅血肿清除术治疗基底节区脑出血的效果,结果发现,内镜手术用时更短、失血更少、血肿清除率更高,同时患者术后并发症发生率及死亡率也更低,有更好的预后。Zhang等<sup>[5]</sup>和Feng等<sup>[9]</sup>的随机对照临床试验也得出了相似结论。

从显微手术切换到内镜手术,由此带来的视角变化、空间感的变化等,都需要一定的适应过程<sup>[8]</sup>。因此,在真正进行内镜手术前进行一定的训练十分重要。目前亟须一套标准完善的训练模型,在进一步推广内镜技术的同时保证培训的质量。

对于内镜下脑血肿清除术,国内外已有少量关于训练模型报道(见表3),包括使用椰子、自制模具、尸头、3D打印模型等<sup>[10-14]</sup>。在尸头上进行训练,成本高昂,而动物又与人存在解剖上的差异,因而均无法大规模推广。使用椰子等较简易的模拟物,则无法很好地模拟手术的步骤和场景。

3D打印技术可以根据临床真实患者构建模型,精准地模拟解剖结构,同时经济成本适中,因而非常适合用于手术训练<sup>[15]</sup>。本模型为3D打印制作而成,血肿部与渗血

表3 神经内镜高血压脑出血手术训练模型

作者	年份	模型类型	是否可模拟止血操作
陈向荣,等. <sup>[10]</sup>	2017	椰壳	否
Xiong ZW,等. <sup>[11]</sup>	2019	尸头	否
何洁,等. <sup>[12]</sup>	2020	自制模具	是
Zhu JH,等. <sup>[13]</sup>	2020	3D打印模型	否
章建平,等. <sup>[14]</sup>	2018	3D打印模型	否

部可替换,兼顾了对解剖的还原以及训练成本的控制,具有较好的实用性以及训练效果。此外,本模型还配备有相应的评分体系,可以量化训练者的操作成绩,客观评估训练者的训练成果。

在脑出血手术中,除了尽可能多地清除血肿外,最为关键的便是操作过程中的止血,但是目前相应的训练模型较少,国内仅有何洁等<sup>[12]</sup>于2020年报道了用于模拟动脉出血的训练模型。而对于静脉渗血的止血,目前还没有相应的模型进行训练。本模型为首个可用于训练静脉渗血止血操作的模型,训练者可通过使用流体明胶以及棉片等进行止血操作的训练。且本模型可通过调节泵血装置的流速,模拟不同程度地渗血,训练操作者在不同程度渗血情况下的止血技术。

学员的训练结果表明,有内镜经验的学员操作成绩要好于无内镜经验的学员,从侧面反映了该模型能准确

反应操作者的操作水平。对分别使用本模型进行训练和通过传统方式学习的住培学员的调查问卷结果也初步显示,本模型在教学以及训练上的价值高于传统学习方式。

本模型也存在一定的局限性,如仅模拟了基底节区规则脑出血,无法模拟不规则脑出血及破溃入脑室内的血肿。此外,本模型对于模拟脑神经功能保护、术中动脉性止血等操作存在一定欠缺,将在今后逐步完善。同时,还需对使用本模型进行训练和通过传统方式学习的住培学员进行随访,对其真实手术操作进行打分,以客观评估本模型的临床教学应用价值。

综上,本研究建立了用于模拟神经内镜下高血压脑出血手术的3D打印训练模型及培训方法,且研发了首款可同时用于练习血肿清除以及渗血止血基本操作的模型。

#### 参 考 文 献

- [1] AN SJ, KIM TJ, YOON BW. Epidemiology, risk factors, and clinical features of intracerebral hemorrhage: an update[J]. *J Stroke*, 2017, 19(1): 3-10.
- [2] HONG KS, BANG OY, KANG DW, et al. Stroke statistics in Korea: part I. Epidemiology and risk factors: a report from the Korean stroke society and clinical research center for stroke[J]. *J Stroke*, 2013, 15(1): 2-20.
- [3] KRISHNAMURTHI RV, MORAN AE, FOROUZANFAR MH, et al. The global burden of hemorrhagic stroke: a summary of findings from the GBD 2010 study[J]. *Glob Heart*, 2014, 9(1): 101-106.
- [4] CHO DY, CHEN CC, CHANG CS, et al. Endoscopic surgery for spontaneous basal ganglia hemorrhage: comparing endoscopic surgery, stereotactic aspiration, and craniotomy in noncomatose patients[J]. *Surg Neurol*, 2006, 65(6): 547-555; discussion 555-556.
- [5] ZHANG HZ, LI YP, YAN ZC, et al. Endoscopic evacuation of basal ganglia hemorrhage via keyhole approach using an adjustable cannula in comparison with craniotomy[J]. *Biomed Res Int*, 2014, 2014: 898762.
- [6] CHEN CC, LIU CL, TUNG YN, et al. Endoscopic surgery for intraventricular hemorrhage (IVH) caused by thalamic hemorrhage: comparisons of endoscopic surgery and external ventricular drainage (EVD) surgery[J]. *World Neurosurg*, 2011, 75(2): 264-268.
- [7] 何森, 薛芳, 谢飞, 等. 幕上中等量高血压脑出血不同手术方式的临床疗效比较[J]. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2020, 47(1): 1-5.
- [8] MA LC, HOU YZ, ZHU RY, et al. Endoscopic evacuation of basal ganglia hematoma: surgical technique, outcome, and learning curve[J]. *World Neurosurg*, 2017, 101: 57-68.
- [9] FENG Y, HE JQ, LIU B, et al. Endoscope-assisted keyhole technique for hypertensive cerebral hemorrhage in elderly patients: a randomized controlled study in 184 patients[J]. *Turk Neurosurg*, 2016, 26(1): 84-89.
- [10] 陈向荣, 杜菊梅, 徐东泽, 等. 神经内镜下脑出血清除术模型的建立及手术训练[J]. *中国微侵袭神经外科杂志*, 2017, 22(11): 527-528.
- [11] XIONG ZW, YAN XX, XIN C, et al. Intracerebral hemorrhage cadaver model for training in hematoma evacuation under endoscopy[J]. *J Clin Neurosci*, 2019, 63: 272-277.
- [12] 何洁, 张亿乐, 霍修好, 等. 改良脑出血模型在神经内镜教学训练的应用[J]. *中国微侵袭神经外科杂志*, 2020, 25(12): 575-576.
- [13] ZHU JH, WEN GD, TANG C, et al. A practical 3D-printed model for training of endoscopic and exoscopic intracerebral hematoma surgery with a tubular retractor[J]. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*, 2020, 81(5): 404-411.
- [14] 覃建平, 李煜, 邱明兴, 等. 一种神经内镜清除颅内血肿的仿真训练模型[J]. *中华神经外科杂志*, 2018, 34(6): 637-640.
- [15] 师忠杰, 郭剑峰, 李张昱, 等. 医学3D打印在颅内浅表病变切除术中的价值[J]. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2022, 49(1): 13-16.

责任编辑:王荣兵