·临床教学·

交互式 3D PDF 在神经内科脑血管疾病教学中的应用

张小勤[1]　吴毅[1]　姚洁[1]　胡昕[1]　吴虹辰[2]　胡俊[2]
[1]陆军军医大学生物医学工程与影像医学系数字医学教研室，重庆　400038；[2]陆军军医大学西南医院神经内科，重庆　400038
通信作者：胡俊，Email：hujuncq@163.com

【摘要】 本研究将复杂的脑血管疾病模型制作成三维便携式文档（three-dimensional portable document format，3D PDF）文件，用以辅助脑血管疾病的教学，并探讨 3D PDF 在辅助学员学习脑血管疾病时的作用与意义。利用患者脑部 CTA 图像，分割出脑血管、颅骨以及脑组织结构，建立其三维模型并对其进行平滑简化处理。在此基础上使用 Deep Exploration 和 Acrobat 软件，将模型制作为 3D PDF 文件，作为医学本科学员脑血管疾病知识教学的辅助工具。调查收集学员问卷反馈信息，对其进行统计分析。结果显示，学员对交互式 3D PDF 有浓厚的兴趣，认为 3D PDF 比 2D CT 或 MRI 图像更形象直观，非常认可 3D PDF 在辅助神经内科脑血管疾病教学以及临床应用中的积极作用。

【关键词】 3D PDF；　神经内科；　脑血管疾病；　教学
【中图分类号】 R319
基金项目：重庆市研究生教育教学改革研究项目（yjg173087, yjg183144）；重庆市基础研究与前沿探索项目（cstc2018jcyjAX0537）；中国学位与研究生教育学会课题（B1-YX20190201-04）
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200107-00548

Application of interactive 3D PDF in the teaching of neurology cerebrovascular disease

Zhang Xiaoqin[1], Wu Yi[1], Yao Jie[1], Hu Xin[1], Wu Hongchen[2], Hu Jun[2]
[1]Teaching and Research Section of Digital Medicine, College of Biomedical Engineering and Medical Imaging, Army Medical University, Chongqing 400038, China; [2]Department of Neurology, Southwest Hospital, Army Medical University, Chongqing 400038, China
Corresponding author: Hu Jun, Email: hujuncq@163.com

【**Abstract**】 In order to discuss the role and significance of the three-dimensional portable document format (3D PDF) in the learning of cerebrovascular disease, this study created 3D PDF of complex cerebrovascular disease models to aid the teaching of cerebrovascular disease. The cerebral blood vessels, skull and brain tissue were segmented using the CTA image of the patient's brain. Then the 3D models were reconstructed, smoothed, and simplified. Based on this, Deep Exploration and Acrobat software were used to integrate these models into a 3D PDF file, which was used as an auxiliary tool for the teaching of cerebrovascular diseases for medical undergraduates. Finally, the feedback information of questionnaires was collected and analyzed statistically. The questionnaire results showed that the students have a strong interest in interactive 3D PDF. They believe that 3D PDF is more visual and intuitive than 2D CT or MRI images, and greatly agree with the positive effects of 3D PDF in the teaching of cerebrovascular disease and in clinical application.

【**Key words**】 3D PDF;　Neurology;　Cerebrovascular disease;　Teaching
Fund program: Graduate Education and Teaching Reform Project of Chongqing (yjg173087, yjg183144); Basic Research and Frontier Exploration Project of Chongqing (cstc2018jcyjAX0537); Project of Chinese Association of Degrees and Graduate Education (B1-YX20190201-04)
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200107-00548

在我国,脑血管疾病目前已成为城乡居民的首位死亡原因。其中,颅内、外大血管狭窄导致的缺血性脑血管病所占比重最大[1]。然而,由于脑血管走行迂曲复杂,分支较多,脑血管狭窄又与神经组织相互关系,传统神经内科的教学方式[平面解剖图谱、普通模型标本、脑 CT 血管造影(computed tomography angiography,CTA)图像等]缺乏交互性,学员短时间内难以掌握复杂的脑血管疾病的病理解剖三维形态和空间毗邻关系,难以对脑血管疾病有更深入的理解。三维便携式文档(three-dimensional portable document format,3D PDF)是一种能用 Adobe Reader 或 Acrobat 打开的三维模型文件。它具有交互式和图像三维可视化功能(结构选择、缩放、平移、旋转和半透明)[2-3],可为医科学生提供人体解剖学的可视化[4]。本文利用脑血管疾病的交互式 3D PDF 对医学本科学员进行脑血管疾病教学,探讨其作用和优势。

1　对象与方法

1.1　数据收集

选取在陆军军医大学西南医院接受头颈部 CTA 检查的大脑中动脉狭窄患者 1 例,扫描层厚为0.6 mm,分辨率为 512 × 512,CTA 图像显示其左侧大脑中动脉重度狭窄甚至闭塞,分支较右侧显著减少。

1.2　图像分割与模型构建

采用 Amira 5.2.2 进行图像分割和三维重建。该软件能够识别生命科学和生物医学数据的来源以及类型、方式。它提供先进的可视化技术,可以获得数据的详细信息,提供自动和交互式分割和建模工具。首先,将 DICOM 格式的患者 CTA 图像数据全部导入 Amira 软件中,使用“Labelling”-“LabelField”工具根据需要对图像中的脑血管、颅骨及脑组织结构进行勾画,为每一个结构建立标签并设置不同颜色,以便数据区分与修改。然后,使用“Compute”-“SurfaceGen”工具对分割完成的组织结构进行三维重建;观察重建的三维模型,发现错误就重新对三维重建模型进行分割调整,直到三维重建的结构从外观上完整且无错误。最后,使用“Compute”-“SmoothSurface”将重建的三维模型进行平滑和简化处理,使模型表面更光滑。

1.3　3D PDF 文档的制作

将上述构建完整的三维模型数据导入 Deep Exploration 6.3 中,利用软件对模型的模型树进行编辑归类及重命名等处理,导出格式为 U3D 的文件,并在导出界面中设置“Common”中的参数以控制模型文件大小。然后利用 Acrobat Pro DC 软件新建 PDF 文档,借助“富媒体”工具中“添加 3D”命令将 U3D 文件导入 PDF,生成三维视图窗口;通过 3D 工具栏中的“光源设置”将光源调整为 CAD 优化光,通过“背景色”调节背景为白色。最后,调整所需脑组织及脑血管视野图,保存为相应视图,借助 PDF 编辑工具进行页面设计,保存为 PDF 格式,生成具有三维视图的 3D PDF 文档。

1.4　3D PDF 在神经内科教学中的应用

选取西南医院临床医学系五年制本科、护理系四年制本科学员共计 42 人为授课对象,对其进行脑血管疾病理论知识讲解,讲述内容皆为人民卫生出版社出版的《神经病学》中脑血管疾病章节内容。授课中辅以相关三维模型展示,学员使用脑血管 3D PDF 文档进行学习。这个阶段从 2019 年 3 月 21 日开始至 2019 年 4 月 19 日为止。

授课结束后,发放调查问卷对学员关于运用 3D PDF 辅助脑血管疾病教学的反馈进行调查(表 1)。问卷使用 Likert 5 分量表,1=强烈不同意,2=不同意,3=不置可否;4=赞成;5=强烈赞成。共发放问卷 42 份,收回 42 份,汇总学员评分,统计调查问卷结果。

2　结果

2.1　3D PDF 及其模型构建结果

制作完成的交互式 3D PDF 文档中包括重建的颅骨、脑组织和脑血管三维模型,使用 Adobe Reader 9.1 或更高版本可以打开并访问其中的所有功能(图1)。学员可以通过“模型树”勾选想要显示的模型,并通过旋转、平移、缩放和半透明来观察 3D PDF 中的各个对象,也可以点击文档左侧的各个视图查看不同视图下的模型。如果学员在对各个对象进行旋转、缩放观察过程中,想回到最开始的视图界面,则可通过快速访问按钮获得 5 个预定义视图。

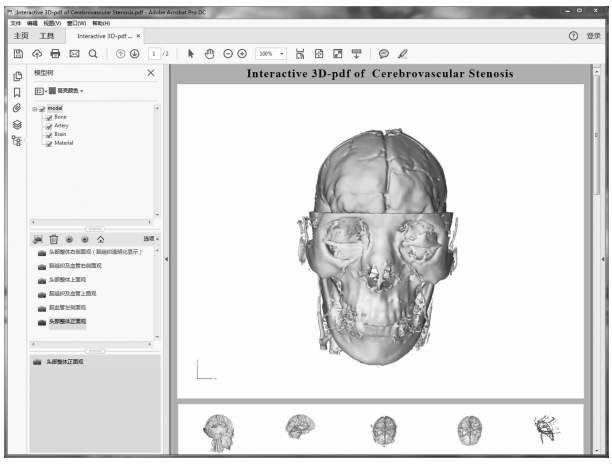


图 1　3D PDF 界面

3D PDF 中的三维模型均来自于对患者头部 CTA 数据中颅骨、脑组织及脑血管结构的分割、重建及模型平滑简化(图 2)。对患者头部 CTA 图像分割如图 2A 所示,不同颜色代表不同的结构,对分割的不同结构进行三维重建后的模型如图 2B 所示。最后经平滑简化处理后的各个三维模型如图 3 所示。其中图 3B 和图 3D 将脑组织模型进行了透明显示,以更好地观察内部脑血管模型。

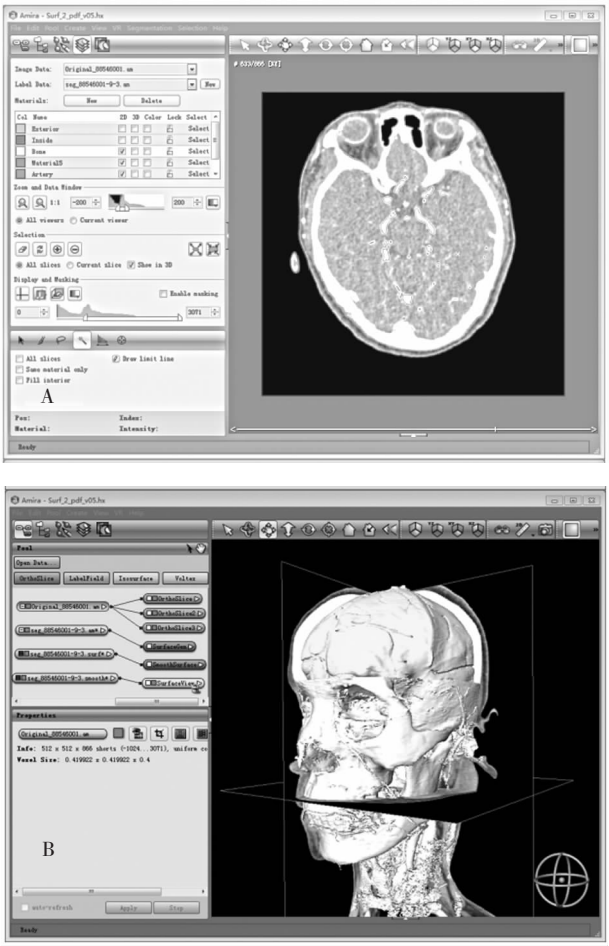
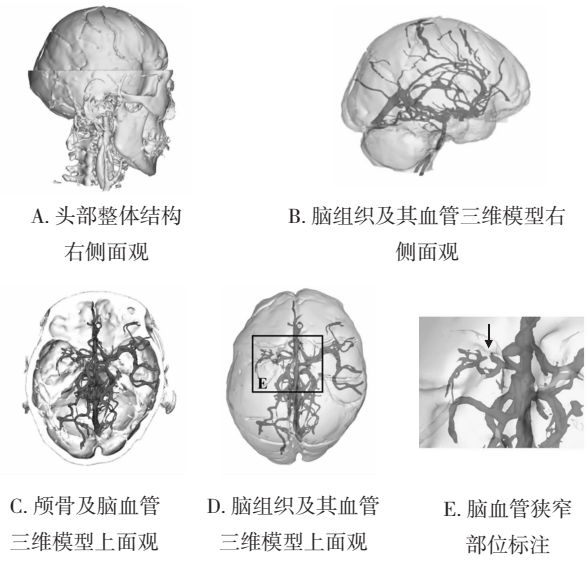


图 2　CTA 图像的分割与重建



A. 头部整体结构右侧面观　B. 脑组织及其血管三维模型右侧面观　C. 颅骨及脑血管三维模型上面观　D. 脑组织及其血管三维模型上面观　E. 脑血管狭窄部位标注

图 3　三维数字模型及脑血管狭窄部位

2.2　问卷统计结果

学员对问卷中的每个问题进行评价,统计 42个学员对问卷中 9 个问题的整体平均打分及标准偏差为(4.7 ± 0.5)。问卷结果显示,大多数学员同意脑血管模型的 3D PDF 相比 2D CT 或 MRI 图像更形象直观,一致评价偏好(表 1)。所有参与者(100%)都认为结合 3D PDF 的授课方式交互性更强,能提高自身的学习兴趣。83%的学员强烈赞成将大脑模型制作成 3D PDF 能提高对大脑血管形态和供血区域以及脑梗塞和脑出血等脑血管疾病的理解。学员一致认为,在临床上脑血管疾病模型的 3D PDF 能为临床医生提供多方位的观察,有助于临床医师诊断脑血管疾病,并可用于介入手术的规划。

3　结语

神经内科讲述的神经系统及病理解剖学这一部分,主要展示神经组织和脑血管的部位、三维形态和空间毗邻关系,为进一步学习后续的临床神经病学

表 1　调查问卷及结果[($\bar{x} \pm s$),分]

维度	序号	问题	学员评分
学习兴趣	1	用 3D PDF 辅助神经内科课程教学,是否增强了你的学习兴趣?	4.7 ± 0.5
	2	你认为结合 3D PDF 的授课方式,是否交互性更强?	4.8 ± 0.4
	3	你觉得课程中使用的 3D PDF 是否提高空间想象力?	5.0 ± 0.0
内容的理解力	4	你认为 3D PDF 中的大脑模型能否提高对大脑血管形态和供血区域的理解?	4.9 ± 0.3
	5	你认为将大脑模型制作成 3D PDF 能否提高对脑梗塞和脑出血等脑血管疾病的理解?	4.8 ± 0.4
	6	你认为脑血管模型的 3D PDF 相比 2D CT 或 MRI 图像更形象直观吗?	4.3 ± 0.5
临床应用意义	7	你认为 3D PDF 是否能为临床医生提供多方位的观察模型?	4.7 ± 0.5
	8	你认为 3D PDF 是否有助于临床医师诊断脑血管疾病?	4.3 ± 0.5
	9	你认为包含颅骨、脑血管和脑组织的 3D PDF 是否能用于介入手术规划?	4.8 ± 0.4

知识奠定了基础,提高了解剖学教学质量对于神经系统教学的重要性。脑血管疾病知识的传授必须建立在掌握脑血管空间位置、三维形态及其毗邻关系的基础上,而脑部血管的复杂走行给脑血管疾病知识的传授带来了困难。传统的解剖学教学模式多采用观察挂图和人体标本解剖的学习方法[5],而二维挂图缺乏对器官三维形态和毗邻关系的直观显示;人体标本又有着易损坏、学生观察标本时间少和吸入福尔马林损害黏膜和神经组织等诸多现实问题[6]。因此,在传统教学模式下,学员难以深入理解并掌握脑血管的复杂解剖及疾病的发生。

近年来,数字医学已经渗透到整个医学科技领域,实现了现代计算技术与医疗设备的结合,实现了数字化与信息化,实现了区域医疗协同与信息资源共享数据库的构建[7]。

3D PDF 将三维模型嵌入便捷易用的 PDF 文档中,能够让学员在常用的操作平台上多方位地观察三维模型,具有不可替代的优势。首先,将三维模型嵌入 3D PDF 文档中,可任意切换视图,观察不同的三维模型,而不用在专业软件中频繁地打开不同的文件。在 3D PDF 中的三维模型形象直观且可交互性强,学员可以对其进行编辑。其次,3D PDF 具有便捷、易用等特点。由于医学影像数据量大、可视化要求高,而浏览器数据处理和运算承载能力有限,三维模型的专业读取软件又需要学员有专业的操作基础,还需要在电脑上安装相应程序等。3D PDF 可以通过免费的 Adobe Reader 离线使用,不需要专业的软件操作基础,让学员能够随时观察三维模型,占用空间小,易于保存、传输和编辑。3D PDF 的便捷、易用性可以使脑血管疾病的教学更直接、方便。最后,3D PDF 文档编辑、传输、保存方便,可以网上传输至云端,方便个体下载学习。这有助于上下级医生的沟通,如低年资医师通过模型,把初步诊断和初步治疗意见发送给远程高年资医师,高年资医师能够在 3D PDF 进行批注修改,再反馈给低年资医师,进行确诊。这有助于神经内科疾病的远程医疗。

通过将数字医学技术与传统教学模式相结合,将 3D PDF 引入脑血管疾病的教学中,有助于解决解剖课程所用尸体标本紧缺、三维形态细节及血管神经空间毗邻关系难以展示等关键问题。本次教学中,学员通过调查问卷,反馈用 3D PDF 可以提升学习兴趣,帮助他们更深入地理解脑血管辅助的解剖结构,更全面地了解脑血管疾病的相关知识。可见,3D PDF 文档便携、易操作、交互性强等特点,可以为复杂解剖结构及疾病知识的学习提供一种新方式。虽然,已有研究[8-9]利用 3D 打印实体模型从另一个角度增加了学员对复杂解剖结构的了解,使学员获得切身的感受和愉快的学习体验,但是 3D 打印模型的制作需要花费很多时间并会有一定费用[10]。

3D PDF 相比 2D CT 或 MRI 图像更形象直观、交互性较强,又比 3D 打印模型更加便捷易用。这符合数字信息化教学的发展趋势,也为该课程的开设和优化提供了依据。

利益冲突　所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明　张小勤、吴毅:提出论文构思、撰写论文;姚洁、胡昕:三维模型的创建和 3D PDF 文档的制作;吴虹辰:数据统计分析;胡俊:总体把关、审订论文

参考文献

[1] 中华医学会神经病学分会脑血管病学组缺血性脑血管病血管内介入诊疗指南撰写组. 中国缺血性脑血管病血管内介入诊疗指南[J]. 中华神经科杂志, 2011, 44(12): 863-869. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2011.12.015.

[2] Newe A, Becker L. Three-dimensional portable document format (3D PDF) in clinical communication and biomedical sciences: systematic review of applications, tools, and protocols [J]. JMIR Med Inform, 2018, 6(3): e10295. DOI: 10.2196/10295.

[3] 胡昕, 吴毅, 郭洪峰. 三维便携式文档(3DPDF)在战现场急救培训中的应用[J]. 军事医学, 2018, 42(12): 899-902. DOI: 10.7644/j.issn.1674-9960.2018.12.005.

[4] 吴毅, 罗娜, 谭立文, 等. 三维便携式文件在解剖教学中的应用[J]. 西北医学教育, 2014, 22(2): 320-321. DOI: 10.13555/j.cnki.c.m.e.2014.02.012.

[5] McLachlan JC, Patten D. Anatomy teaching: ghosts of the past, present and future [J]. Medical Education, 2006, 40(3): 243-253. DOI: 10.1111/j.1365-2929.2006.02401.x.

[6] Bergman EM. Discussing dissection in anatomy education [J]. Perspect Med Educ, 2015, 4(5): 211-213. DOI: 10.1007/s40037-015-0207-7.

[7] 张继武. 数字化医疗发展概述[J]. 中国医疗器械信息, 2016, 22(11): 1-4.

[8] Zhang XQ, Xu Z, Tan LW, et al. Application of three-dimensional reconstruction and printing as an elective course for undergraduate medical students an exploratory trial [J]. Surg Radiol Anat, 2019, 41(10): 1193-1204. DOI: 10.1007/s00276-019-02248-1.

[9] Garas M, Vaccarezza M, Newland G, et al. 3D-printed specimens as a valuable tool in anatomy education: a pilot study [J]. Ann Anat, 2018(219): 57-64. DOI: 10.1016/j.aanat.2018.05.006.

[10] Smith CF, Tollemache N, Covill D, et al. Take away body parts! An investigation into the use of 3D-printed anatomical models in undergraduate anatomy education [J]. Anat Sci Educ, 2018, 11(1): 44-53. DOI: 10.1002/ase.1718.

(收稿日期:2020-01-07)
(本文编辑:唐宗顺)