

DOI: 10.3969/j.issn.2096-045X.2025.06.011

· 临床教学 ·

头颈 CT 血管成像 AI 辅助重建在医学影像技术专业实践教学中的应用

赵澄 郑冲 李瑞利 卢洁*

(首都医科大学宣武医院放射与核医学科,北京 100053)

【摘要】目的 探讨头颈CT血管成像(computed tomography angiography, CTA)人工智能(artificial intelligence, AI)辅助重建教学模式在提升医学影像技术专业学生CTA及重建技术教学中的应用价值。**方法** 将2022年1月—2023年3月在北京首都医科大学宣武医院放射与核医学科实习的15名医学影像技术专业学生纳入对照组,采用传统规范化教学模式培训;将2024年1月—2025年3月同样在该科室实习的17名医学影像技术专业学生纳入试验组,采用AI自学结合规范化教学模式。两组分别通过理论考核、实际扫描操作考核、血管重建技能考核及满意度调查评价教学效果。**结果** 总体上,试验组学生在理论考核、实际扫描操作考核及血管重建技能考核中得分均显著高于对照组($P < 0.001$),且后处理重建时间低于对照组($P < 0.01$)。在头颈血管定位、解剖结构识别、特定病变描述、狭窄程度评估、伪影识别分析、血管重建时间等后处理技能细化项目考核中,试验组各项得分也均高于对照组($P < 0.01$)。同时,试验组学生满意度评分均显著高于对照组[(96.35±1.17)分 vs (81.60±1.50)分, $P < 0.001$],试验组学生反馈该教学模式在提升对头颈部血管的解剖认识、提升学习兴趣、提高学习效率以及提高专业水平方面有一定助力。**结论** AI辅助教学模式能够有效提升学生对头颈部CTA操作及血管重建技能的掌握,但不能取代传统教学方法,需两者有效结合,才能为医学影像技术专业教学实践提供有力支撑。

【关键词】 医学影像技术; 人工智能辅助教学; 头颈部CTA; 教学方法

【中图分类号】 R445.3; G642

【文献标识码】 A

Application of AI-assisted reconstruction in head and neck CT angiography in medical imaging technology professional practice teaching

Zhao Cheng, Zheng Chong, Li Ruili, Lu Jie*

(Department of Radiology and Nuclear Medicine, Xuanwu Hospital, Capital Medical University, Beijing 100053, China)

【Abstract】 Objective To explore the application value of the artificial intelligence (AI)-assisted reconstruction teaching mode in head and neck computed tomography angiography (CTA) in improving the teaching of CTA scanning and reconstruction techniques for students majoring in imaging technology. **Methods** A total of 15 medical imaging technology students who interned in Department of Radiology and Nuclear Medicine, Xuanwu Hospital, Capital Medical University from January 2022 to March 2023 were included in the control group and trained using traditional teaching methods, while 17 medical imaging technology students who interned in tomography from January 2024 to March 2025 were included in the

基金项目 1. 首都医科大学2022年教育教学改革研究重点课题项目(2022JYZ044); 2. 北京市住培质量提高项目(住培2023007、2024011)

第一作者 赵澄, 硕士, 副主任技师, 首都医科大学放射与核医学科技师, 研究方向: 医学影像技术。Email: alfland@163.com

***通信作者** 卢洁, 博士, 主任医师, 教授, 首都医科大学党委专职副书记、放射与核医学科主任, 研究方向: 神经影像学。Email: imaginglu@hotmail.com

experimental group and were first self-taught with AI and then received standardized teaching training. The teaching effects of the two groups were evaluated through theoretical tests, practical scanning operation tests, vascular reconstruction skills tests, and satisfaction surveys. **Results** Overall, the experimental group scored significantly higher than the control group in theoretical assessment, practical scanning operation, and vascular post-processing reconstruction skills ($P < 0.001$), and the post-processing reconstruction time was shorter than that of the control group ($P < 0.01$). In the detailed post-processing skill assessment items such as head and neck vessel localization, anatomical structure identification, specific lesion description, stenosis degree evaluation, artifact recognition and analysis, and vascular reconstruction time, the scores of the experimental group were also significantly higher than those of the control group ($P < 0.01$). Meanwhile, the satisfaction score of the experimental group was significantly higher than that of the control group [(96.35±1.17) points vs (81.60±1.50) points, $P < 0.001$]. Students in the experimental group also provided feedback that this teaching model was helpful in improving the anatomical understanding of blood vessels in the head and neck region, enhancing learning interest, improving learning efficiency, and enhancing professional skills. **Conclusion** The AI-assisted teaching mode can effectively enhance students' mastery of head and neck CTA operation and vascular reconstruction skills, but it cannot replace traditional teaching methods. Only by effective combination of the two can provide favorable support for the teaching practice of medical imaging technology.

[Keywords] medical imaging technology; artificial intelligence assisted teaching; head and neck CTA; teaching method

医学影像技术专业学生的CT血管成像(computed tomography angiography, CTA)操作及图像后处理教学是实践能力培养中尤为重要的一个环节,也是全国高等学校医学影像技术专业第五轮规划教材《医学影像检查技术学》^[1]中需要掌握的考核重点,是理论学习与技能操作相融合的教学模块。头颈CTA具有无创、扫描速度快、成像清晰、可重复性强等优点,在临床上常被作为脑血管相关疾病的首选检查,是影像技术专业学生必须掌握的重要内容之一^[2]。然而,头颈CTA血管影像解剖结构、变异以及相关疾病相对复杂^[3],需要学生掌握的内容较多,存在一定难度,传统教学模式以面授和被动学习为主,学生参与度和学习效果有限^[4]。

近年来,人工智能(artificial intelligence, AI)技术的兴起,为解决上述问题提供了新的思路^[5-6]。AI与影像技术的结合,不仅可以通过深度学习等技术提高检查和重建效率,还可以提高检查扫描操作的准确性和可靠性,减少人为误差^[5]。AI技术在医学领域的广泛应用还为影像技术专业教学提供了新思路。尤其在头颈部CTA教学中,AI辅助教学通过可视化图像和即时反馈帮助学生更直观地理解复杂解剖结构及病理变化^[7]。目前国内已有一系列基于AI辅助教学的相关研究报道^[8-10],多数研究是针对医学

影像诊断专业,探讨AI辅助阅片对其诊断技能的提升价值,而较少有研究以影像技术专业学生作为研究对象,评价AI在教育教学中的辅助作用价值。本研究旨在通过对比传统模式和AI辅助教学模式,评估两者在理论知识掌握、实践技能培养及教学满意度上的差异,探索AI技术在医学影像技术教学中的应用价值。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取2022年1月—2023年3月在首都医科大学宣武医院放射与核医学科实习的15名医学影像技术专业学生纳入对照组;将2024年1月—2025年3月同样在该科室实习的17名医学影像技术专业学生纳入试验组。两组学生先完成医学影像检查技术学课程学习,结业考试成绩均为优秀水平(>90分,总分100分)。在之后的入科实习带教过程中,对照组学生接受传统规范化教学模式培训,而试验组学生则利用AI自学结合规范化教学模式进行培训。最终,通过理论考核、实际扫描操作考核及血管重建技能考核评价教学效果。

1.2 扫描方法

采用160 mm宽体探测器CT行头颈CTA检查,患者取仰卧位,扫描范围包括主动脉弓至颅顶。管电压100 kV,管电流采用Smart mA技术,自动调节范围为300~600 mA,层厚与层间隔均为0.625 mm,迭代重建技术ASIR-V选择40%,预设噪声指数为16。采用小剂量团注测试技术,运用高压注射器于肘正中静脉注射碘佛醇(320 mgI/mL),小剂量团注15 mL对比剂与15 mL 0.9%氯化钠注射液,记录颈3-4椎间隙水平颈内动脉及椎动脉内的时间密度曲线,根据达峰时间延迟8 s为扫描起始时间,注射60 mL对比剂,接着注射50 mL 0.9%氯化钠注射液,流速5 mL/s。

1.3 教学设计与流程

1.3.1 对照组

由1名资深带教教师负责,采用“理论授课+操作演示”传统教学模式。首先通过PPT讲解头颈CTA的解剖基础、扫描参数、对比剂注射方案、基本病变的影像征象等理论知识和后处理软件的基本操作。随后,教师在后处理工作站上,现场演示1~2个典型病例的完整重建过程,包括最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)、多平面重建(multi-planar reconstruction, MPR)、曲面重建(curved-planar reconstruction, CPR)、容积重建(volume rendering, VR)等图像的生成与调整。学生观摩后,在教师指导下进行模仿操作练习。

1.3.2 试验组

由同一位带教教师完成基本后处理操作及注意事项讲解后,采用“AI+问题导向式教学”的模式,让学生使用科室的头颈CTA-AI辅助重建软件进行自主学习。该软件操作界面简洁并有操作指南,可自动完成去骨、血管分割和标准化重建(包含MIP、MPR、CPR及VR)并具备血管解剖分段命名。此外,在标准化病案库识别与分析动脉硬化狭窄、动脉瘤及动脉畸形等疾病。通过操作AI软件,学生快速、直观地了解标准重建图像的样貌和解剖结构,以及常见典型病变的影像学特征表现。之后由教师引导学生:①讨论AI

重建图像的优缺点;②针对AI无法处理的复杂病例(如严重伪影、罕见变异等)如何避免;③分析如何识别并手动修正AI产生的伪影或错误(如骨质残留、血管中断、识别错误等),并操作演示。此模式旨在培养学生利用AI提高效率,同时具备批判性思维和质控能力。

1.4 观察指标与评价

培训结束后,由不了解分组情况的高年资专家对两组学生进行统一考核。

(1)理论考核:闭卷考试,内容包括头颈血管解剖、扫描规范、分析伪影成因等,满分100分。

(2)实际扫描操作考核:在模拟患者身上完成扫描定位、参数设置、造影剂方案选择等操作,满分100分。

(3)血管重建技能考核:在标准案例库中随机抽取一份难易程度相同的头颈CTA原始数据,要求学生在规定时间内完成全套后处理重建。由两位专家根据评分表独立打分,取平均值;同时记录重建所用时间(重建时间评分标准:≤13 min取10分,14~<17 min取8分,17~<20 min取6分,20~<22 min取4分,≥23 min取2分)。

(4)自制问卷:采用自制不记名问卷形式,调查学生对教学模式的满意度,对相关问题打分(从完全否定至非常肯定给予0~10分的分值),分析两组学生对教学满意度的差异。调查内容包括:教学内容是否丰富、教学方法是否新颖、操作指导是否有针对性、教学态度是否认真、考核反馈是否及时、对完成学习目标是否有提升、对于头颈部血管解剖结构的认识是否有提高、对新技术/设备掌握程度是否有提高、对学习效率是否提高。

(5)问卷调查:要求试验组学员就新的教学模式对自身技能提升情况进行评价。以此收集其对新模式在提升学习兴趣、效率等方面的反馈。

1.5 统计学方法

采用SPSS 26.0统计学软件进行数据分析。计量资料以均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用双样本独立 t 检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料比较

对照组共15名,其中男生8名、女生7名,平均年龄(21.2±0.8)岁,实习前医学影像检查技术课程结业考试成绩均分为(94.00±2.17)分。试验组共17名,其中男生9名、女生8名,平均年龄(21.5±0.7)岁,实习前医学影像检查技术课程结业考试成绩均分为(94.17±1.94)分。两组学生在性别、年龄及实习前结业考试成绩等基线资料比较差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。

2.2 实习培训后考核成绩比较

试验组的理论考核、实际扫描操作考核成绩均显著高于对照组;在血管重建技能考核中,试验组在所有细分项目得分及总分上均优于对照组,且重建所用时间显著缩短,差异均有统计学意义($P<0.05$)(表1、表2)。同时,学生可以独立识别并手动修正AI产生的伪影或错误(图1)。

表2 两组学生的头颈CTA后处理考核各项比较

项目	对照组(n=15)	试验组(n=17)	t值	P值
头颈部血管解剖结构的识别(10分)	6.93±1.03	8.94±0.75	-6.354	<0.001
头颈血管病变的检出、定位(10分)	7.40±0.74	8.71±0.47	-5.889	<0.001
斑块性质的描述(20分)	13.33±1.84	15.88±1.45	-4.376	<0.001
管腔狭窄程度评估(20分)	13.07±1.49	16.00±1.17	-6.234	<0.001
动脉瘤的识别及测量(20分)	13.53±1.96	15.41±1.46	-3.099	0.004
图像伪影的识别(10分)	9.00±0.65	10.00	-5.916	<0.001
重建时间得分(10分)	5.47±2.07	7.88±2.06	-3.308	0.002
总分(100分)	68.73±4.54	82.82±3.76	-9.596	<0.001

2.4 试验组学生对教学效果的自我评价

70.59%的学生认为这种教学方式非常有助于提升对头颈部血管的解剖认识,82.35%的学生认为非常有利于提升学习兴趣,76.47%的学生认为非常能有利于提高学习效率,88.24%的学生认为非常有利于提高专业水平(表4)。此外,在开放性问题中,试验组学生普遍反馈,新模式“有趣、直观、效率高”“能更快构建起三维空

表1 两组学生的头颈CTA考核成绩及重建时间比较

考核指标	对照组(n=15)	试验组(n=17)	t值	P值
理论知识考核成绩/分	74.67±5.21	83.41±5.14	-4.776	<0.001
操作考核成绩/分	91.93±2.63	97.94±1.14	-8.556	<0.001
后处理考核成绩/分	68.73±4.54	82.82±3.76	-9.596	<0.001
后处理重建时间/min	19.00±2.95	15.12±2.71	3.877	0.001

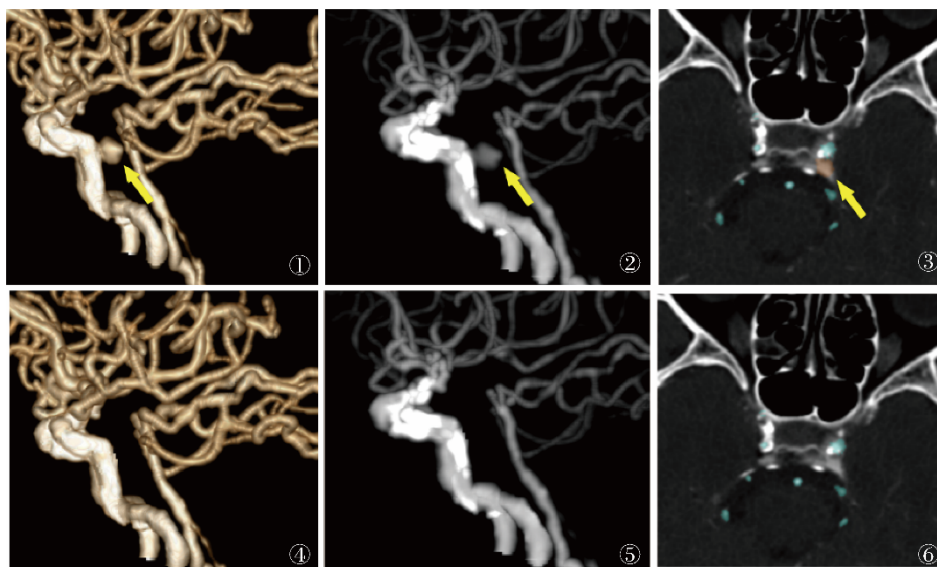
2.3 两组学生教学满意度比较

问卷调查结果显示,试验组学生对教学模式的满意度评分显著高于对照组[(96.35±1.17)分 vs (81.60±1.50)分],差异有统计学意义($P<0.001$);教学人员的教学态度、操作指导、考核反馈差异无统计学意义,试验组学生对教学内容方法、学习目标达成及兴趣提升、头颈部血管解剖结构认识、对新技术/设备掌握程度及总体学习效率评分均高于对照组($P<0.001$)(表3)。

间感”。

3 讨论

本研究结果表明,与传统教学模式相比,AI辅助教学模式在医学影像技术专业学生的头颈CTA培训中具有显著优势,能有效提升学生的理论知识、操作技能和学习体验。



AI软件误将左侧海绵窦识别为左侧颈内动脉瘤(①~③中黄箭头);经人工识别并手动勾画后修正的图像(④~⑤)

图1 识别并手动修正AI产生的伪影或错误的演示图

表3 两组学生的教学满意度调查比较

($\bar{x} \pm s$, 分)

项目	对照组(n=15)	试验组(n=17)	t值	P值
教学内容是否丰富(10分)	7.13±0.52	9.53±0.62	-11.734	<0.001
教学方法是否新颖(10分)	7.13±0.64	9.88±0.33	-14.955	<0.001
操作指导是否有针对性(10分)	9.67±0.49	9.82±0.39	-1.007	0.322
教学态度是否认真(10分)	10.00	10.00	-	-
考核反馈是否及时(10分)	9.80±0.41	9.82±0.39	-0.165	0.87
对完成学习目标是否有提升(10分)	7.53±0.52	9.41±0.62	-9.254	<0.001
学习兴趣是否有提升(10分)	7.47±0.52	9.76±0.44	-13.489	<0.001
对于头颈部血管解剖结构认识(10分)	7.60±0.74	9.35±0.49	-7.998	<0.001
对新技术/设备掌握程度是否有提高(10分)	7.40±0.51	9.47±0.51	-11.437	<0.001
对学习效率是否提高(10分)	7.87±0.64	9.29±0.59	-6.576	<0.001
总分(100分)	81.60±1.50	96.35±1.17	-31.191	<0.001

3.1 AI辅助教学显著提升学习效率与技能掌握

传统教学中,学生需从零开始面对海量断层图像和复杂的操作软件,学习曲线陡峭,畏难情绪严重^[11-12]。AI辅助教学模式颠覆了这一过程。AI系统发挥其智能识别、深度学习、操作简便的优势,使学生能在几分钟内就看到一份标准、美观的后处理成品,很大程度提升了学习信心和热情^[13]。其次,如结果所示,试验组的重建时间不

到对照组的一半,极大提升了后处理重建的效率。更重要的是,接受AI辅助教学的学生在头颈CTA后处理各细化考核项中得分更高,因为AI系统可以为学生提供了一个“终点”参照物,让学生先知道“目标是什么”,再反过来探究“如何实现”,提供了很典型、直观的教学案例,使得学生对于相关解剖结构、病变以及影像诊断重点有了充分认识,进而提升了学习效率和操作的准确性。

表4 试验组学生对教学效果的反馈表 [n(%)]

评价指标	数据分布
AI结合问题导向式教学模式是否有利于头颈部血管的解剖认识	
非常有利	12(70.59)
有利	5(29.41)
一般	0(0)
不利	0(0)
AI结合问题导向式教学模式是否有利于提升学习兴趣	
非常有利	14(82.35)
有利	3(17.65)
一般	0(0)
不利	0(0)
AI结合问题导向式教学模式是否有利于提高学习效率	
非常有利	13(76.47)
有利	4(23.53)
一般	0(0)
不利	0(0)
AI结合问题导向式教学模式是否有利于提高专业水平	
非常有利	15(88.24)
有利	2(11.76)
一般	0(0)
不利	0(0)

3.2 AI辅助教学模式激发学习兴趣,培养批判性思维

问卷调查的主观反馈证实,这种AI结合的新颖教学模式更受学生欢迎,因为新技术的引入本身就对年轻人具有吸引力,将学生从烦琐、重复的机械性操作中解放出来,将学习重点转移到更高层次的认知活动上。教学的核心不再是“如何点击鼠标”,而是“为何AI会出错”“如何修正AI的错误”。这种以问题为导向的教学方式,鼓励学生主动去发现问题、分析原因,并寻求解决方案,有效地将他们从被动接受者转变为主动探索者。本研究中试验组对于图像伪影的识别能力更突出,这有利于培养其在未来工作中至关重要的质量控制意识和批判性思维能力^[14-16],更加符合医学影像技术人才的发展要求。

3.3 AI教学与传统教学的互补性与不可替代性

尽管AI优势明显,但本研究同样强调其局限性。AI并非万能,它在面对严重运动伪影、金

属伪影或罕见解剖变异时,常出现重建失败或错误。如果学生完全依赖AI,一旦脱离该软件,便可能对复杂病例束手无策。这凸显了传统带教的不可替代性。最佳的教学模式是“人机结合”:让AI完成80%的标准化、重复性工作,让带教教师集中精力讲解20%的精华、难点和AI的“盲区”。教师的角色从“操作工”转变为“质控师”和“引路人”。因此,AI是赋能教学的强大工具,而非教师的替代品。二者必须有机结合,方能实现教学效益最大化。

4 结语

总体而言,将AI辅助教学模式引入医学影像技术专业学生的头颈CTA培训中,具有重要的应用价值。它通过优化学习路径、激发学习兴趣和培养高阶思维,能显著提升教学质量和效率。未来的影像技术教学应积极拥抱新技术,探索人机协同的创新教学模式,为社会培养更多符合时代需求的高素质医学技术人才。

本研究也存在一些局限性,如样本量较小,仅为单中心研究,未来可考虑开展多中心、大样本的联合研究,以进一步验证本结论的普适性。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。

作者贡献声明 赵澄:文献研究,数据收集、分析,论文撰写;郑冲:实验研究;李瑞利:实验分析;卢洁:研究指导,论文审定。

参考文献

- [1] 李真林,于兹喜. 医学影像检查技术学[M]. 5版. 北京:人民卫生出版社,2022.
- [2] Patel J, Huynh T J, Rao D, et al. Vascular trauma in the head and neck and endovascular neurointerventional management [J]. J Clin Imag Sci, 2020, 10: 44.
- [3] Hilkewich M W. Written observations as a part of computed tomography angiography post processing by medical radiation technologists: a pilot project [J]. J Med Imaging Radiat Sci, 2014, 45(1): 31-36. e1.

- [4] 丁玖乐, 张永成, 陈杰, 等. 临床专业住院医师规范化培训的医学影像学教学思考[J]. 影像研究与医学应用, 2019, 3(4): 246-247.
- [5] 张冉冉, 蒲利红, 张文, 等. 人工智能在医学影像教育中的应用现状和前景[J]. 现代预防医学, 2019, 46(24): 4527-4529.
- [6] Sheikh A Y, Fann J I. Artificial intelligence: can information be transformed into intelligence in surgical education?[J]. Thorac Surg Clin, 2019, 29(3): 339-350.
- [7] 段森, 杨连军, 郭泽春, 等. 基于人工智能深度学习头颈部计算机断层血管造影后处理对狭窄评估的可行性研究[J]. 中国医学装备, 2024, 21(10): 51-55.
- [8] 陈素月, 郭荣, 吉玉刚, 等. 头颈CT血管成像人工智能辅助阅片在住院医师规范化培训中的应用[J]. 江苏卫生事业管理, 2025, 36(1): 125-129.
- [9] 邓钢, 陈思思, 胡平, 等. 人工智能辅助CTA阅片在颅内动脉瘤诊断教学中的应用[J]. 中国继续医学教育, 2025, 17(1): 28-32.
- [10] 段慧, 韩丹, 张正华. 肺结节人工智能技术在医学影像学专业实习生教学中的初步应用[J]. 影像研究与医学应用, 2019, 3(16): 247-248.
- [11] 刘欣杰, 陈维娟, 陈金华, 等. 医学影像技术专业临床实习教学模式的思考和改革探索[J]. 继续医学教育, 2020, 34(11): 5-6.
- [12] 赵宇, 滕婷, 祝因苏, 等. 医学影像技术学科的现状与发展[J]. 教育教学论坛, 2017(7): 62-63.
- [13] 李俐倩, 陈俏倩, 周伟文, 等. 医学影像CT教学中图像后处理技术的应用分析[J]. 影像研究与医学应用, 2021, 5(20): 227-228.
- [14] 唐世龙, 刘先凡, 陈务霜, 等. 医学影像技术学见习教学中PBL教学法的应用分析[J]. 现代医药卫生, 2021, 37(11): 1950-1952.
- [15] 刘潇, 郁仁强, 张志伟, 等. 新医科背景下医学影像技术人才培养路径探索[J]. 中国继续医学教育, 2024, 16(16): 18-22.
- [16] 张苗, 苏壮志, 杜祥颖, 等. 基于微信平台的病例讨论式PBL教学法在医学影像学教学中的应用[J]. 中国医学装备, 2019, 16(10): 127-130.

(收稿日期:2025-06-20,修回日期:2025-09-23)

(本文编辑:闫红)

开放获取 本文使用遵循知识共享署名-非商业性-禁止演绎4.0协议(CC BY-NC-ND 4.0), 详细信息请访问 <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>。

OPEN ACCESS This article is licensed for use under Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International Deed (CC BY-NC-ND 4.0). For more information, visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.