

AI辅助教学在放疗物理师规范化培训中的探索与实践

陈杰¹, 王丽云²

1. 天津医科大学总医院放射治疗科, 天津;
2. 天津市西青医院设备科, 天津

摘要: 为了探讨人工智能 (AI) 在放疗物理师规范化教学培训中的应用效果, 选取48名医学物理相关专业本科生, 随机分为对照组和实验组。理论培训阶段两组均采用传统模式, 实践培训阶段对照组沿用传统模式, 实验组采用AI辅助教学模式。两组理论考核成绩无显著差异, 但实验组在实践考核成绩和完成时间上显著优于对照组, 且满意度更高。AI辅助教学能有效提高培训效率和学生满意度。

关键词: 放疗物理师; 教学培训; 探索实践; 人工智能

Exploration and Practice of AI Assisted in Standardized Training of Radiotherapy Physicists

Jie Chen¹, Liyun Wang²

1. Department of Radiation Oncology, Tianjin Medical University General Hospital, Tianjin;
2. Department of Medical Equipment, Tianjin Xiqing Hospital, Tianjin

Abstract: To explore the application effect of artificial intelligence (AI) in the standardized teaching and training of radiotherapy physicists. Forty-eight undergraduates majoring in medical physics-related fields were selected and randomly divided into a control group and an experimental group. Both groups adopted the traditional mode for theoretical training. For practical training, the control group continued with the traditional mode, while the experimental group adopted an AI-assisted teaching mode. There was no significant difference in theoretical assessment scores between the two groups. However, the experimental group significantly outperformed the control group in practical assessment scores and completion time, with higher satisfaction levels. AI-assisted teaching can effectively improve training efficiency and student satisfaction.

Keywords: Radiotherapy Physicist; Teaching and Training; Exploration and Practice; Artificial Intelligence

1 引言

放射治疗是恶性肿瘤的主要治疗手段之一，其疗效和安全性高度依赖放疗物理师的专业水平。放疗物理师不仅需掌握医学物理学知识，还需熟悉放疗设备操作技术，并能根据患者情况制定个性化放疗计划。随着国家对放疗物理师需求的增加，部分高校开设了医学物理及相关本科专业[1]，但这些学生大多缺乏临床实践操作经验[2,3]。因此，对医学物理相关专业学生进行临床实践培训具有重要意义。

然而，传统的“教师讲学生练”培训模式存在周期长、成本高、效果不一等问题[3]。近年来，人工智能（AI）技术的快速发展为放疗物理师培训提供了新思路。AI技术通过模拟人类智能行为，能够实现对大规模数据进行分析 and 处理，在靶区及危及器官勾画、放疗计划设计及预后评估方面提供显著帮助[4,5]。本文结合本单位在放疗物理师培训中的教学案例，对比传统培训模式与AI辅助教学模式的效果，为高效培养放疗物理师人才队伍提供参考。

2 研究对象与方法

2.1 研究对象

本研究选取2022年3月至2024年6月在我院放疗治疗科培训的48名医学物理相关专业本科生，其中生物医学工程专业31名，智能医学工程专业17名。将其随机分为对照组和实验组，每组24人。对照组采用传统培训模式，实验组采用AI辅助教学模式。纳入标准：1、参与者自愿参与研究；2、既往未接受过相关培训。

2.2 教学设计

培训分为理论学习和实践操作两个阶段。在理论学习阶段中，所有学生进行为期两个月的临床理论学习，内容包括放射生物学、放射物理学、医学影像学和放射治疗技术。课程由高年资放疗物理师和放疗医师通过多媒体授课，课后布置拓展任务，学生可通过网络资源自学。理论课程结束后进行考核（满分100分，80分及以上为合格），合格者进

入实践操作阶段。

实践操作阶段分为危及器官勾画和放疗计划设计。对于危及器官勾画，对照组学生先观看教师演示，然后根据解剖学知识和器官勾画图谱进行勾画，教师对结果进行指导和修改。实验组学生利用MIM软件进行自动勾画，并结合图谱修改，教师对修改结果进行评价。对于放疗计划设计，两组学生首先学习放疗计划设计原则和注意事项，并掌握治疗计划系统的操作方法。对照组由教师指导学生设计完整治疗计划，学生独立设计新病例，教师根据剂量分布图和DVH曲线评价结果。实验组学生将病例CT图像导入深度学习模型（3DUnet），模型模拟理想剂量分布图，学生根据模拟结果对照射野和生物学参数进行优化，教师对结果进行评价。

2.3 考核与评价方法

本研究的考核分为理论学习考核和实践操作考核。理论学习考核采用笔试的形式。实践操作考核采用上机的形式，包括危及器官勾画考核和计划设计考核。

危及器官勾画考核通过将学生的勾画结果与指导教师的勾画进行比较，使用Dice系数衡量两个勾画的相似度。Dice系数取值范围在0到1之间，值越接近1表示相似度越高。

计划设计考核采用教师对学生设计的放疗计划进行评价。若肿瘤靶区和危及器官的剂量均达到处方要求，且照射区内无冷热剂量点时记为优秀。若肿瘤靶区和危及器官的剂量均达到处方要求，但照射区内存在单一小体积（小于0.05cc）冷热剂量点时记为良好。其他情况记为不合格。每组的合格率=（优秀人数+良好人数）/该组人数。

在学习结束后，向所有学生发放针对本次培训的满意度调查反馈表，包括非常满意、一般满意、不满意三个选项。每组的学生满意率=（非常满意人数+一般满意人数）/该组人数。

2.4 统计学分析

使用SPSS21.0软件对研究数据进行统计学分

析。计数资料采用频数[n(%)]的形式表示, 进行 χ^2 检验; 计量资料采用均值±标准差[$\bar{x} \pm s$]的形式表示, 进行t检验。P<0.05表示差异有统计学意义。

3 研究结果

3.1 两组理论学习考核结果比较

本研究允许未通过理论学习考核的学生可以再次进行学习并参加考试, 但首次考核的情况更能说明两组学生的理解能力和教师的授课水平, 因此, 此处仅比较对照组和实验组学生首次理论考核的结果(见表1)。结果表明, 两组中绝大部分学生首次理论考核成绩合格, 两组学生的首次考核成绩和首次考核合格人数均无统计学差异。

表1. 两组学生首次理论学习考核结果比较 [$\bar{x} \pm s$, n (%)]

组别	考核成绩	考核合格人数
对照组(n=24)	84.46±5.70	20 (83.33%)
实验组(n=24)	85.50±5.38	21 (87.50%)
统计量/P值	t=-0.651 P=0.518	$\chi^2=0.618$ P=0.683

3.2 两组实践操作考核结果比较

危及器官勾画考核采用胸部肿瘤病例。对比两组学生对危及器官勾画的加权Dice值及勾画耗时的结果, 如表2所示。结果表明, 无论是加权Dice值还是勾画耗时, 对照组和实验组均有统计学差异, 实验组的加权Dice值优于对照组, 且耗时更少。

表2. 两组学生对危及器官勾画的加权Dice值及勾画耗时结果比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	加权Dice值	耗时 (min)
对照组(n=24)	0.77±0.07	94.02±10.08
实验组(n=24)	0.89±0.04	36.67±5.54
统计量/P值	t=-7.169 P<0.01	t=24.426 P<0.01

计划设计考核采用一例肺腺癌患者, 肿瘤靶区和危及器官的剂量限值参考《肿瘤放射治疗学》(第五版)[6]。两组学生计划设计考核结果如表3所示, 可以看出, 两组在合格率和耗时方面均存在统计学差异, 实验组的合格率明显高于对照组, 且耗时更少。

表3. 两组学生计划设计考核结果比较 [$\bar{x} \pm s$, n (%)]

组别	优秀人数	良好人数	合格率 (%)	耗时 (min)
对照组(n=24)	5	12	70.83	119.64±9.42
实验组(n=24)	9	14	95.83	63.85±6.27
统计量/P值	—	—	$\chi^2=5.400$ P=0.20	t=26.874 P<0.01

3.3 两组学生对培训的满意度调查结果比较

通过调查两组学生在此次培训的满意度情况, 发现对照组在此次培训的满意率为79.17%, 实验组在此次培训的满意率为100.00%, 两组差异有统计学意义。如表4所示。

表4. 两组学生对培训的满意度调查结果比较

组别	非常满意	一般满意	不满意	满意率 (%)
对照组(n=24)	13	6	5	79.17
实验组(n=24)	20	4	0	100.00
统计量/P值	—	—	—	$\chi^2=5.581$ P=0.18

4 讨论

一名合格的放疗物理师需要经过系统专业的规范化培训。目前大多数国内高校采用学校+医院的联合培养模式, 即学校完成相关理论课程的学习[1], 由医院放疗科负责实践操作的培训。但由于培训时间有限, 传统的“教师讲学生练”的授课方式, 很难使学生快速掌握放疗物理师的专业技能。因此, 寻找一种创新的教学模式在放疗物理师教学改革与实践具有重要意义。

近年来, 随着人工智能技术在医疗领域的广泛应用, 使得包括放射治疗学在内的医学专业得到突飞猛进的发展[7]。自2017年开始, 我科室陆续组织物理师和研究人员对人工智能进行学习, 尤其将人工智能应用于肿瘤放疗领域进行了深入的研究。开发了基于锥形束CT(CBCT)图像的靶区自动勾画系统[8]以及针对缺失角度CT重建的深度学习模型, 医师可以借助CBCT或缺失角度CT扫描动态观察患者在放疗期间肿瘤的变化情况。同时, 我们参考国外学者的研究, 设计了用于模拟患者放疗剂量

分布的放疗计划辅助模型(3DUnet模型)。此外,科室先后引进了MIM、rtStation等人工智能系统,有效提高了医生进行器官勾画以及计划设计的工作效率。

作为天津市放射治疗规范化培训基地,本科室每年对来自天津大学、天津医科大学等院校相关专业的本科学生进行放疗物理师培训。同时,科室也在尝试使用AI技术助力物理师的教学培训工作。本项研究中,带教老师将所有学生分成两组,在理论学习阶段,两组学生均采用教师授课模式;在实践操作阶段,对照组继续采用教师授课模式,实验组采用AI辅助教学的模式。笔者发现,两组学生在理论学习阶段的成绩相差不大,表明两组学生对理论知识的吸收水平相当;而在实践操作阶段,实验组的学生无论在考核成绩还是完成时间上均明显优于对照组,表明AI辅助教学对学生实践操作帮助明显。一方面,借助自动勾画系统,危及器官可以在两分钟内粗略勾画完成,学生仅需按照解剖学图谱对勾画细节稍加改动;另一方面,放疗计划辅助模型可以根据患者的影像数据模拟出理想的剂量分布曲线,学生可以根据剂量分布曲线设置相应的照射野和生物学参数,而避免了盲目的试错。此外,笔者还发现,实验组考核结果的标准差均小于对照组,说明AI辅助教学会减少学生主观因素的影响,使结果更加可信。

5 结语

总之,将AI技术融入放疗物理师规范化培训的教学范畴,仅是AI在辅助教学领域应用的一个缩影。本科室经过近十年的实践探索,已经总结出一套高效的人工智能辅助教学方法,在提高教学效率、优化培训流程方面取得了满意的效果。未来,随着计算机与自动化技术的日益进步加之医疗数据的不断积累,AI在放疗物理师教学和培训中的应用

将越来越广泛和深入,并为培养高素质、创新型的物理师队伍做出重要贡献。

致谢

本文由项目基金:天津医科大学总医院青年专业技术骨干项目(项目编号:GG-2021-16)资助。

参考文献

- [1] 戴振晖, 张白霖, 朱琳, 等. 创新复合型医学物理人才培养模式探索[J]. 创新创业理论与实践, 2021, 4(23): 105-107.
- [2] 孙强, 高盼, 李丹阳, 等. 医学物理师职业发展与现状分析[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2022, 29(10): 770-775.
- [3] 陈丁. 医学类专业医学物理学教学改革与实践[J]. 科教导刊, 2022(28): 49-51.
- [4] 闫伟伟, 刘小亮, 黄昂. 人工智能在肝癌立体定向放疗临床教学中的应用[J]. 中国继续医学教育, 2024, 16(10): 158-164.
- [5] Hu C, Wang H, Zhang W, et al. TrDosePred: A deep learning dose prediction algorithm based on transformers for head and neck cancer radiotherapy[J]. Journal of Applied Clinical Medical Physics, 2023, 24(7): e13942.
- [6] 李晔雄. 肿瘤放射治疗学[M]. 中国协和医科大学出版社. 2018.
- [7] Wang Z Y, Cao N N, Sun J W, et al. Uncertainty estimation-and attention-based semi-supervised models for automatically delineate clinical target volume in CBCT images of breast cancer[J]. Radiat Oncol, 2024, 19(1): 66.
- [8] 陈杰, 王克强, 简建波, 等. 基于深度学习多模态风格迁移技术CBCT图像肺癌靶区自动分割方法研究[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2022, 31(1): 43-48.

