

维方向的旋转。EPI 与 DRR 作为二维图像,其摆位误差测量软件仅能分析在矢状面(沿 x 轴)与冠状面(沿 z 轴)的旋转误差,无法测得在横断面(沿 y 轴)的旋转误差;因此本研究尚不能为旋转误差所需要的外放范围提供参考数值。此外,由于 EPI 与 DRR 对软组织的分辨率较低,研究中仅分析了放疗中射野中心位置变化,尚无法观测因肿瘤退缩导致的肿瘤和危及器官位置变化以及器官生理运动引起的治疗精度下降。

总之,由于目前各医院在勾画 PTV 过程中大多采用他人的结果或文献,没有考虑本单位实际因素,实际上在外扩 GTV 或 CTV 至 PTV 过程中,摆位误差统计数据应采用自家统计数据。各个医院由于设备条件、人员素质和业务水平差异,医院之间的平均摆位误差还是有差异的。现今提倡精确放疗时代,要注重考虑患者个体化差异和医院间个体化差异。

参 考 文 献

- [1] 张宜勤,陆进成,翟振宇,等. 三维适形放疗食管癌临床研究的初步结果. 中华放射肿瘤学杂志,2005,14:31-34.
- [2] 包德强,夏玲,林春丽,等. 56 例食管癌三维适形放疗的疗效观察. 中华放射肿瘤学杂志,2006,15:382-383.
- [3] 韩春,王澜,祝淑钗,等. 食管癌三维适形放疗中肺和食管损伤的相关因素分析. 中华放射肿瘤学杂志,2007,16:103-107.
- [4] Fu WH, Wang LH, Zhou ZM, et al. Comparison of conformal and

intensity-modulated techniques for simultaneous integrated boost radiotherapy of upper esophageal carcinoma. World J Gastroenterol, 2004, 10:1098-1102.

- [5] Minsky BD, Pajak TF, Ginsberg RJ, et al. INT 0123 (Radiation Therapy Oncology Group 94-05) phase III trial of combined-modality therapy for esophageal cancer: high-dose versus standard-dose radiation therapy. J Clin Oncol, 2002, 20:1167-1174.
- [6] van Herk M, Remeijer P, Rasch C. The probability of correct target dosage: dose-population histograms for deriving treatment margins in radiotherapy. Int Radiat Oncol Biol Phys, 2000, 47:1121-1135.
- [7] van Herk M, Remeijer P, Lebesque JV. Errors and margins in radiotherapy. Semin Radiat Oncol, 2004, 14:52-64.
- [8] Little DJ, Dong L, Levy LB, et al. Use of portal images and BAT ultrasonography to measure setup error and organ motion for prostate IMRT: implications for treatment margins. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2003, 56:1218-1224.
- [9] 刘跃平,刘新帆,李晔雄. 盆腔肿瘤三维适形放疗摆位重复性研究. 中华放射肿瘤学杂志,2006,15:313-316.
- [10] Stroom JC, de Boer JC, Huizenga H, et al. Inclusion of geometrical uncertainties in radiotherapy treatment planning by means of coverage probability. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1999, 43:905-919.
- [11] Stroom JC, Heijmen BJ. Geometrical uncertainties, radiotherapy planning margins, and the ICRU-62 report. Radiother Oncol, 2002, 64:75-83.
- [12] 于龙珍,翟振宇,沈君妹. 体部肿瘤精确放疗摆位误差分析. 中国医学物理学杂志,2007,24:160-162.
- [13] 杨树松,王凡,孙维凯. 治疗床面下垂导致的系统摆位误差分析及对策. 中华放射肿瘤学杂志,2001,10:55-57.
- [14] 张连胜,张寅,李明辉,等. 用锥形束 CT 技术测量热塑成型膜固定患者的放疗摆位误差. 中华放射肿瘤学杂志,2008,17:219-222.

(收稿日期:2008-06-16)

· 综述 ·

医学物理教育和培训的发展与现状

何方方 徐晓

具有资格的临床医学物理师的短缺是全球性问题,发展中国家尤其突出。随着放疗和放射诊断设备的日益复杂,人们对健康保健期望值的提高以及放射安全标准的实施,有必要采取行动保证在放射医学各领域有充分数量的具备资格的临床医学物理师。近年来随着医学物理的发展,医学物理的教育和培训受到各个国家的关注。

一、剂量和医学放射物理协会(dosimetry and medical radiation physics section, DMRP)的医学物理师培训计划指导

20 世纪 90 年代末,国际原子能机构(international atomic energy agency, IAEA)启动了系统而全面的医学放射物理学的教学计划,包含许多不同水平的培训项目和短期培训课程,IAEA 技术合作项目用专门资金支持各个国家在自己的大学建立医学放射物理专业的研究生项目培训。1997—1998 年,DMRP 在当时领导人 Andreo 督导下,来自欧洲和北美具有长期医学物理教学经验的物理学者组成专家组,编写了“放射物理学大纲”,为医学放射物理研究生培训项目提供了直观的教学大纲。1999—2000 年间,根据这个大纲,编纂了《肿瘤放射物理学》初级版本的部分内容。2001—2002 年, Izevska 接手这个计划,任命加拿大的 Podgorsak 为专业编辑。Podgorsak 重新设计了内容,成功地完成了整个计划。至此,在 Andreo、Izevska 和 Podgorsak 等人的共同努力下,出

DOI:10.3760/ema.j.issn.1004-4221.2009.03.185

作者单位:300052 天津医科大学生物医学工程系(何方方);天津医科大学总医院放疗科(徐晓)

通信作者:徐晓, Email: xxucn@yahoo.com.cn

版了《肿瘤放射物理学手册》^[1]。这本书可以作为教师和初人大学学习的物理师的基础教材。该书建议的课程主要包括:放射物理学基础、剂量学、辐射剂量测量、辐射监视设备、光子外照射、治疗计划、电子束的物理特性和临床应用、电子束和光子束的校准、外照射治疗质量保证、近距离照射、放射生物学基础、照射中的具体程序和技术、照射中辐射安全和防护等。

二、美国医学物理师学会 (american association of physicists in medicine, AAPM) 教育和培训部门所出版的报告——《医学物理研究生培养计划建议》

美国医学物理学教育从 1958 年 AAPM 成立开始,已经有几十年的历史。AAPM 在 1993、1994 年分别发表了题为《物理师在肿瘤放疗中的作用》和《临床医学物理师在辐射诊断中的作用》的 AAPM 报告,明确了物理师在临床中的地位和作用;同时 AAPM 认识到有必要规范医学物理学教育,在 1993 年制定了《医学物理学硕士学位的教学计划》,以 AAPM 报告形式发表^[2]。AAPM 也非常重视医学物理师的临床培训,于 1990 年制定了《在医院工作的医学物理师毕业后(相当于住院医师阶段)的培训计划》,要求对进入临床从事肿瘤放疗、诊断影像及核医学的医学物理学硕士或博士最少进行 2 年的毕业后培训^[3]。近年来由于医学物理在广度和深度上的发展,越来越多的教育培训项目得到医学物理教育项目委员会 (commission on accreditation of medical physics education programs, CAMPEP) 的认可,为满足现代医学物理的发展需要, AAPM 教育与培训部根据 CAMPEP 的授权编写了《医学物理研究生培养计划建议》,为本科或硕士学习阶段的学习提供教材,保证核心课程的统一性。这篇《医学物理研究生培养计划建议》报告是对 1993 年第 1 篇报告的修改,要求大多数参加高级培训项目的物理师都要在临床环境中实习。它反映了核心基础课程和更具体专业学科之间的联系,如放射物理学是所有放射肿瘤学、诊断放射学、核医学和健康医学的基础。核心基础课程包括:放射物理学和剂量学、健康物理放射安全、放射生物学、解剖学和生理学等;具体专业课程包括:计算机技能、医学伦理学、医学统计学、安全学、影像学(平板成像、数字成像和计算机断层成像、超声成像、磁共振成像)、核医学、放疗(放射肿瘤学、外照射放疗、近距离放疗、治疗计划、放疗设备、放疗中的具体技术、重离子治疗)、放射防护等^[4]。

三、地区合作协议 (regional cooperative agreement, RCA)——放射肿瘤医学物理师 RCA 临床训练项目实施指南

亚太地区医学物理的现状,总的来说,除了澳大利亚、新西兰和新加坡的状况较好外,其他国家的状况均不容乐观。存在的主要问题包括医学物理教育或培训体制缺失或不健全、医学物理师职业地位未得到认可、医学物理师人数和质量不能满足医疗技术应用需要^[5]。近来,为了加强亚太地区的医学物理教育,IAEA 和 RCA 策划了 RAS-6-038 项目,开

展适合亚太地区各国情况的医学物理师教育和临床培训计划,提高新一代物理师的水平^[6]。该地区有几个国家,比如印度、马来西亚、巴基斯坦、菲律宾和泰国,正在进行或计划好高级医学物理课程培训。澳大利亚通过有丰富经验的高级医学物理师传授专业知识并负责协调这个项目^[7]。项目核心专家组在前一段时间已建立培训放疗住院物理师的一套完整方案,并已在泰国开展试点,菲律宾和巴基斯坦的试点正在准备中。放射影像物理和核医学的培训指南正在准备,今后也要开展类似的试点工作。该临床培训的目标就是培养能独立操作的专业人员,即使在没有监督的情况下也能按安全专业标准工作。由于许多国家普遍存在医学物理师认定标准缺失的问题,培训计划提出有资格的临床医学物理师应该具备:物理学、工程学或者同等自然科学的本科学历;医学物理(或同等)方面研究生水平学术能力;至少 2 年(全职)医院结构化临床在职训练。为此,该项目为成员国提供以下帮助:提供详尽的肿瘤放射物理师临床培训指南;提供有效的临床培训实施策略;提供基本的国家或地区临床物理师资格认证标准依据;通过试验性培训计划为成员国提供开展培训的经验;促进培训计划质量提高;增强国家维持这种临床培训的能力。肿瘤放射物理师临床培训计划实施的基本要求如下:

1. 项目管理:(1)各国内部的管理:临床培训计划要由国家负责机构认可并正式承认“肿瘤放射物理师”或同等的专业资格;(2)国际管理:培训计划选定某个或几个国家和地区先试运行几年,国际管理机构协调外部支持并且审查计划的基本管理。

2. 培训部门的基本要求:(1)必须为每个培训学员安排能够胜任肿瘤放射物理工作的导师,学生人数不应超过所在部门物理师的人数;(2)配备资源:必须提供全程的肿瘤放疗工作,让学员得到锻炼。因此这个部门必须拥有:1 台外照射治疗机、1 套治疗计划系统、1 台模拟机或 CT,剂量测量装置包括体模等设备,建议可有近距离治疗和医学成像装置。

3. 学员入学要求:(1)有物理学、工程学或同等物理学大学学历;(2)在医学物理或相近专业具有研究生水平的学术能力,或参与过类似的研究项目;(3)在肿瘤放疗临床中当过物理师;(4)试点运行过程中向国外协调者咨询后可考虑其他的报名要求。

4. 对导师的要求:(1)参与 RCA 对临床医学物理师临床培训计划的导师应该到现场指导学员工作;(2)为学员提供咨询;(3)帮助学员掌握培训计划各方面要求,掌握各种设备的操作规程;(4)和国家计划协调员保持联络。

5. 培训计划基本内容:(1)培训计划指南:提供培训的推荐项目包括 8 个大项目,每个大项目又包括一些小项目,它们提供该领域详尽的临床知识和临床经验,可单独也可结合使用。(2)测试项目:①能力评估:由相关专业机构或国家筹划指导委员会决定每个项目培训后要达到的水平;②学

员表现记录簿;为导师、国家计划协调员、国外协调员或者他们的负责人提供参考;③研讨会:为学员提供表现掌握某些特定课题方面的知识广度和深度的机会;④作业:至少要布置 3 次作业,国家指导委员会指定人评分后经国外审查者反馈给学员;⑤口试:培训快结束时,学员在其他方面都合格后进行口试,由国家监督指导委员会执行;⑥实践考试:最后的实践考试较灵活,由国家监督指导委员会评定。学员完成培训计划所有测试项目方可取得专业认可的证书^[6]。

四、我国物理师制度和医学物理教育现状

中国医学物理学的发展已走过了 40 多年的历程,但与欧、美发达国家和亚洲发展中国家(包括说汉语国家和地区)的医学物理学的发展相比,无论在学科设置、学科规模、人才数量等诸多方面仍远落在后面^[8]。英美等国在很多大学都设有医学物理学专业,每百万人口中医学物理师的人数已占到 13 人,在某些科室内,物理师与医生的比例已达到 1:1 水平^[9]。而我国现在大学学科设置中没有医学物理专业,且医院人事编制中没有医学物理师制度,每百万人口中的医学物理工作者还不到 0.8 人,2003 年医院中物理师较多的单位放疗科医师与物理师的比例是 7:1^[9]。亚太地区如马来西亚、尼泊尔等已在医院内建立了医学物理师制度。我国香港和台湾地区也有很好的医学物理师制度。从中印两个发展中大国的情况也可看到,虽然中国设备配置情况比印度好得多,但物理师配置情况要糟糕得多。印度 1962 年建立了医学物理研究生教育课程,现每年可培养约 100 名学生;中国在 20 世纪 80 年代末才建立,现每年只能培养约 20 名学生。印度现有约 750 名物理师,这些物理师至少具有硕士学位,负责约 400 台外照射治疗机的物理工作,也就是说每台机器配备了近 2 名物理师,达到 IAEA 的推荐水平。中国现有约 1200 名物理师,绝大部分只有本科学位,负责约 1400 台外照射治疗机的物理工作,每台机器配备了不到 1 名物理师^[5]。医学物理师严重短缺造成的严重后果包括现代化医疗设备没有得到正确和充分使用、广大患者得不到准确有效诊疗甚至受到不必要辐射损伤等医疗伤害。我国内地的医学物理工作者为此做了不懈努力,20 世纪 80 年代末,中国医科院肿瘤医院在胡逸民、陈盛祖等老师的指导下,最早开设医学放射物理硕、博士课程^[8]。北京大学于 1994 年在核技术及应用学科内建立了医学物理研究方向,包括核磁共振成像、核医学成像、医学图像处理与分析和放疗物理四个方向。近年来,清华大学在工物系内建立了医学物理和工程专业,并开始培养硕士生和博士生;武汉大学设置了医用放射物理的硕士点;南京航空航天大学于 2002 年成立了医学物理研究中心,2003 年招收医学物理方向的本科生,目前也有硕士、博士生点^[9];中国科学技术大学核能研究所开

设了医学物理学本科、硕、博士学位课程^[8];天津医科大学也办过医学物理专业方向本科生和硕士生的试点;南华大学和泰山医学院相关专业也为临床培养了一些物理师。中国生物医学工程学会医学物理分会也为我国医学物理学发展和教育培训做了大量工作,最近开展国际合作培训项目,引进美国斯坦福大学的网上剂量学培训课程,为国内年轻物理师提供网上学习和培训的机会。现在国内物理师人员数目持续增加,2006 年物理师的数目是 2001 年的 1.9 倍,放疗科医师与物理师的比例为 4:1。说明经过几年的呼吁引起了有关领导的重视,新技术的应用引起了医学物理师数量和地位的较大改善,同时物理师水平也有所提高。2006 年物理师中大学毕业以上的人员占物理工作人员的 68.1%,2001 年为 56.4%^[10]。但是为了适应快速发展的医学技术,有必要进一步提高我国医学物理的水平。

鉴于我国医学物理发展与国际上的差距,2004 年 3 月的第 221 次香山科学会议上医学物理专家强烈呼吁尽快在大学建立医学物理学科,在医院设立医学物理师职业岗位,以适应现代医学快速发展和人民大众对健康的需要。

参 考 文 献

- [1] Podgorsak EB. Review of radiation oncology physics: a handbook for teachers and students// IAEA. Educational reports series. Vienna: IAEA, 2003:1-78.
- [2] 喀蔚波. 医学物理学教育的现状与思考. 中国医学物理学杂志, 2002, 19:198-199.
- [3] 包尚联, 赖松, 周云, 等. 医学物理学科、医疗机构和数字医疗核心装备事业. 中国医疗器械信息, 2006, 12:27-32.
- [4] AAPM. AAPM report NO. 79. Academic program recommendations for graduate degrees in medical physics, a report of the education and training of medical physicists committee. Madison: AAPM, 2002:1-47.
- [5] IAEA/RCA 国家项目协调员会议:对地区医学物理学状况的评估 [2008-06-01]. http://www.caea-com.net.cn/activity/summary.asp?rec_id=1689.
- [6] RCA. Project on strengthening medical physics through education and training, implementation guide of the RCA clinical training program for radiation oncology medical physicists. RAS/6/038. Daejeon: RCA, 2007:3-4.
- [7] Strengthening medical physics through education and training (RCA) (RCA) F3 Extension [2008-06-01]. <http://www.iaea.org/members/Programme/RAS6038.pdf>
- [8] 胡逸民. 中国医学物理学的过去、现在与未来. 医学物理学专题, 2007, 36:51-54.
- [9] 中国物理学会医学物理专业委员会(筹)第一次委员会会议纪要 [2008-06-01]. http://ph.lalec.com/Article_Show.asp?ArticleID=506.
- [10] 殷蔚伯, 余耘, 陈波, 等. 2006 年全国放疗人员及设备调查报告——纪念中华放射肿瘤学会成立 20 周年. 中华放射肿瘤学杂志, 2007, 16:1-5.

(收稿日期:2008-06-12)