

国际医学物理学的新发展

谢楠柱[†]

(广州医学院医学物理教研室 广州 510182)

摘要 文章评述了国际医学物理学近 60 年的新发展,着重介绍了数字影像物理学和放射治疗物理学的新进展及其对临床应用高新医疗器械的重要作用,并谈及国际医学物理学的新发展对中国医学物理学发展的启示.

关键词 医学物理学,数字影像物理学,放射治疗物理学,多层螺旋 CT,磁共振功能成像

New developments of the medical physics

XIE Nan-Zhu[†]

(Guangzhou Medical College, Guangzhou 510182, China)

Abstract New developments and successes in medical physics are reviewed, with emphasis on the new advances in digital imaging physics, radiation therapy physics, and the importance of their applications in high-tech medical instruments and clinical treatment. Their relevance to the development of medical physics in China is discussed.

Keywords medical physics, digital imaging physics, radiation therapy physics, multislice spiral CT, functional magnetic resonance imaging

1 引言

本文评述国际医学物理学的兴起及近 60 年的迅猛发展和伟大成就.例如,数字影像物理学(digital imaging physics)和放射肿瘤物理学(radiation oncology physics)的发展,研究和发 展多层螺旋 CT(multislice spiral CT)、磁共振功能成像(functional magnetic resonance imaging, FMRI)、磁共振波谱(magnetic resonance spectroscopy, MRS)、正电子发射断层扫描(positron emission tomography, PET) – 分子影像学、数字化医院设备和直线加速器适形放疗、调强放疗(Intensity Modulated Radiation Therapy, IMRT)、断层放疗(Tomotherapy)、X 刀、 γ 刀、射波刀(cyber knife)等数字影像技术和精确放疗技术.这些都是医学物理学家的创新科技成果.

从 1895 年德国物理学家伦琴发现 X 射线迄今的 110 年间,放射诊断学与放射治疗学飞跃发展,伦

琴是第一个伟大的医学物理学家获得第一届诺贝尔物理学奖(1901 年).20 世纪 70 年代 CT 问世,美国塔夫茨大学物理学家阿伦·科马克(Alan Cormack)应用计算机和矩阵原理,提出重建图像理论(reconstruction),1972 年制成第一台头部 CT(computed tomography),实现了对人体的计算机断层扫描,解决了 X 射线摄影中长期未能解决的人体内部器官重叠的难题.1979 年 CT 的发明成为当年最伟大的科学成就之一而轰动世界,科马克作为医学物理学家获得 1979 年诺贝尔医学和生理学奖. CT 的重建图像理论,适用于核磁共振成像(nuclear MRI),美国医学物理学家罗德堡(Roderick V. Lax)和英国医学物理学家曼斯菲尔德(Mansfield)同时研究核磁共振在人体成像获得成功,从低磁场、中磁场到高磁场,从永磁体、电磁体到低温超导磁体,不断改进,在全球广

2006-08-10 收到初稿 2006-11-05 收到修改稿

[†] Email: gznxie@163.com

泛应用 核磁共振成像诊断疾病,对人体软组织如脑、脊髓等的成像优越于 CT,同样轰动世界.当时西方人都害怕核战争,故把“核”字去掉,通称磁共振成像(MRI),沿用至今.2003年罗德堡和曼斯菲尔德同时获得诺贝尔医学和生理学奖.

四位医学物理学家获得诺贝尔奖,可见国际科学界对医学物理学的重视.

2 医学与物理学的结合是现代医学科发展的必由之路

自从著名物理学家伽利略与医生 Sanctorius 合作发明第一个古老的体温计,到 1895 年伦琴应用克鲁克斯管(Crooke's tube)作放电研究,无意中发现了 X 射线,随即应用于医学诊断,创立了放射学,并获得了第一个诺贝尔物理学奖,成为第一位伟大的医学物理学家.此后一系列的医疗器械——听诊器、血压计、心电图、脑电图、X 射线机、显微镜、超声诊断仪,以及现代数字化的 CT、MRI、SPECT、PET、DR、PACS、 γ 刀、X 刀、钴 60 机、直线加速器、IMRT、TOMO-THERAPY、CT/SPECT、CT/PET、多层螺旋 CT 等等大、中、小型诊疗仪器,无一不是物理学家和医学家合作研制、共同使用的治病救人的医疗器械.从远古至今大量事实证明,医学与物理学的结合,是现代医学科技发展的必由之路.

1945 年 8 月,两枚原子弹在日本广岛、长崎爆炸,随后第二次世界大战结束.当时许多物理学家热衷于原子核能的研究,涌现出许多核物理学家,他们对核工业、放射医学、核医学的发展甚感兴趣,认为原子核能宜应用于和平建设,而非应用于核战争,特别是应用于医学治病救人,意义更大.

3 国际医学物理学的兴起和近 60 年的发展简介

20 世纪 50 年代初,英国一批物理学家进入医院工作,与医师合作进行更有效的放射诊断和放射治疗,成效显著,并首先建立“英国医院物理学家协会”(British Hospital Physicists' Association, BHPA),正式在医院建立编制,医学物理学家或医学物理师正式成为一种职业,在医院有编制职位.美国的医学物理学家也不甘人后,于 1958 年成立“美国医学物理学家协会”(American Association of Physicists in

Medicine, AAPM),当年只有 50 位会员,都是在大学医学院和医院的医学物理学各个领域进行教学、科研和临床工作,最初大部分是放射物理学和放射治疗物理学的专家,在医院同医生一起工作.60 年代初,全球兴起医学物理学的研究热潮,一批美国、英国医学物理学家的先驱,经过多年筹备,成立了“国际医学物理学组织”(International Organization for Medical Physics, IOMP).1965 年第一任主席为英国物理学家 W. V. Mayneord,副主席为美国医学物理学家 John S. Laughlin,会员国为英国、德国、瑞典、加拿大等 20 多个国家.

中国医学物理学会于 1981 年在广州成立,1986 年 1986 年, AAPM 主席甘美伦教授(Cameron J R)应邀访华讲学,参加成立大会致贺词,并作专题演讲.1985 年我代表中国医学物理学会赴芬兰 Espoo 参加第 7 届国际医学物理与生物医学工程世界大会,同 IOMP 主席兰素教授(Lanzl L H)谈论中国医学物理学会申请加入国际组织,立刻获得同意.经国家科委和中国科协批准,中国医学物理学会正式成为 IOMP 会员.2006 年 IOMP 会员国已增加到 80 多个.

近 60 年来,国际医学物理学的发展速度是惊人的,最初只有放射物理学、放射治疗物理学等几个领域,现已发展成为医学影像物理学和放射肿瘤物理学这两个支柱学科,其分支学科为 CT 物理学、磁共振物理学、核医学物理学、影像诊断物理学、放射治疗物理学、放射防护物理学、超声物理学、光学测量物理学、生理测量物理学、短距离放疗物理学等十几门,为适应现代临床医学的需要,分支学科在不断发展,其中数字影像学、放射肿瘤学、医院信息学、远程医学以及实现数字化医院(无胶片、无纸张医院),都需要大批医学物理学家配合有关医师进行诊疗.现代化医院必须配备现代化的医师和现代化物理师充分合作、有效地使用现代化的医疗器械的机制,这是时代的要求.

4 国际医学物理高新科技的创造性新成就

长期以来, X 线成像系统都是模拟成像(analog imaging),直至 20 世纪 70 年代初 CT 问世,美国医学物理学家科马克教授(A. M. Cormack)的重建图像理论(Reconstruction)应用于 CT,也适用于其他数字

成像系统,开创了数字影像技术革命,引出一系列的数字成像系统。例如 DSA、MRI、SPECT、PET 等,并促进了 X 射线数字成像技术发展,DR、HIS、RIS 和 PACS 应时而生,数字化医院(digital hospital)已成为现实,21 世纪将成为数字影像技术飞跃发展的新世纪。

现仅以 CT、MRI 和精确放射治疗为例说明国际医学物理高科技的伟大成就。

4.1 多层螺旋 CT 技术的新进展

4.1.1 64 层螺旋 CT

1998 年,多层螺旋 CT 的问世后,仅仅 8 年时间,就从 2 层向 4 层、8 层、16 层、32 层和 64 层飞跃地发展,CT 血管造影(CTA)和三维或四维成像的空间分辨率及时间分辨率都有明显改善。

多层螺旋 CT 成像,可以在极短的时间内获得人体全部的断层图像,不仅图像清晰,而且能显示更为细小的病变。借助先进的计算机技术,人们对多种疾病的影像学有了更为深刻认识,同时可以利用其进行多种图像后处理工作——仿真内窥镜技术,计算机辅助诊断(CAD)技术,等等。

这一切使人们对疾病的诊断,尤其是对一些恶性疾病的早期诊断成为可能,大大提高了这类患者的生命希望。

2004 年北美放射学会(Radiological Society of North America,RSNA)年会上已展出 64 层 CT 的产品,美国医院和我国医院都在应用,厂家正在准备研制 128 层和 256 层螺旋 CT,这是 CT 技术的革命。

4.1.2 256 层螺旋 CT

继 64 层 CT 图像在临床广泛应用以来,临床对多层 CT 在临床应用价值得到了广泛认可,CT 扫描覆盖范围、每次扫描获得 CT 图像层次,已成为评价 CT 设备和图像质量的标准。为此,越来越多的学者和 CT 研究者对 256 层 CT 图像很感兴趣,认为有临床价值。CT 设备技术相对于 MRI 和 PET 等要简单得多,但 CT 却能解决大部分的临床问题。同时 CT 的发展必将推动 MRI 和 PET 的发展。目前每一年半时间 CT 技术就有一次革命性的变化,而 MRI 需要 3 年才会有一次技术性的突破,PET 则需要 4 年时间。CT 技术无疑是医学影像中进步最快的。64 层 CT 的出现改变了整个医疗图景,超快的图像获得的速度和三维重建能力为影像学开辟了新的应用领域。256 层 CT 将对心脏成像产生新的影响,给高品质医疗带来的新机会。同时数字化阅片方式和三维显示将

成为 CT 的主要工作方式,通过工作流程的改进,进一步提高 CT 的性能。在 2005RSNA 年会上,飞利浦公司向人们展示了多能量采集 CT 处理技术和 256 层 CT 探测器的构想;西门子公司展示了双球管、双多排探测器 CT 技术,提出与增加层数不同的理念,通过增加 X 射线管球的数目达到更快速扫描的目的,并能够完成能量减影、X 射线吸收率的计算等,从而使 CT 由过去的形态学检查,进一步达到组织学和功能学的检查;东芝公司展示了覆盖范围达到 128mm 的 256 层 CT 技术,这一重大突破解决了一次旋转完成心脏扫描的问题和肺部呼吸门控的问题,并且已经装机进入临床试用阶段。

4.1.3 双源 CT 促进了 CT 的第三次革命

近年来,随着多层螺旋 CT 的发展,心血管成像已经成为最具潜力的一个领域。心血管方面的表现也成为评价多层螺旋 CT 技术进步的根据。

CT 与心血管成像的重要性,在于跳动不止的心脏对放射学是一个难题,在很长的一段时间里,放射学家们面对心率过快的患者,无法抓住心动周期中短暂的相对静止期,不得不依靠心血管造影等有创伤的检查方法来获得所需的心脏影像。20 世纪 70 年代,CT 刚刚被发明的时候,每扫描需要 7min,主要用于头、肺体部的非运动器官。经过 30 年的发展,CT 已经从当初的轴向断层扫描发展成螺旋扫描,从单排探测器发展到多排探测器,扫描速度增快,每次扫描覆盖的范围扩大,使心血管 CT(cardiac CT)从不可能发展到可能。心电门控技术、多扇区图像采集算法、图像处理技术的发展,使心血管 CT 逐步完善。此外,CT 还具有超越传统心血管造影的优势:它除了能够显示血管腔内的影像,还能够同时观察血管壁及血管外的情况。双源 CT 的出现解决了 CT 技术存在的一些问题,是 CT 领域出现的革命性的进展,主要体现在以下几个方面:

(1) 扫描速度加快

由于 83ms 的扫描速度,双源 CT 可以对心率过快、不规则及屏气有困难的患者进行成像,在几秒钟之内完成心脏研究,而且无需使用降低心率的受体阻断剂,也不必进行多扇区采集和重建。

(2) 放射剂量减半

双源 CT 虽然使用了两套影像系统同时工作,但是即使与能量效率最高的单能 CT 扫描仪相比,它在正常心率条件下的放射剂量也降低 50%。因为它不需要进行多扇区采集,能够在一次心跳过程中采集心脏图像。西门子的产品 SOMATOM Defi-

nition 可以根据心率的快慢自动选择最快的扫描速度. 西门子还开发了依据心电图的适应性剂量调控技术, 降低心脏快速运动阶段的放射, 这些技术的综合使用, 使图像的采集速度提高了一倍.

(3) 双源 CT 尤其适合急症诊疗的需要

双源 CT 技术能够通过一次快速扫描来完成多种需要对急诊患者进行的检查, 并可以提供卓越的诊断图像质量. 两个射线源的总能量达 160kW, 即使在最快的扫描和进床下, 也能确保极佳的图像质量. SOMATION Definition 的 78cm 的机架孔径和 200cm 的扫描范围, 即使碰到高大肥胖的患者也能进行全身扫描. 当临床需要进行全身检查时, 如有复发性外伤或需要全身血管检查的患者, 这一点尤为重要. SOMATIOM Definition 集大功率、高扫描速度以及高时间分辨率于一身, 使临床医生能够及时进行危重急诊病人的检查. 由于这些特点, 双源 CT 不仅在冠心病的诊断方面具有优势, 而且它的扫描速度快、剂量低的特点尤其适于儿科先天性心脏病患者.

双源 CT 的创新发展, 也是医学物理学家与医学家合作研发的成果.

4.2 MRI 的新进展

近年来, MRI 技术发展迅速, 在肿瘤诊断、中枢神经系统疾病以及心血管系统疾病中已有较多基础和临床初步应用结果, 前景广阔.

4.2.1 磁共振波谱(MRS)的应用:

纽约市 MSKCC 的 Lia Bartella 博士证实: 乳腺磁共振波谱能够探测所有乳腺癌, 且对于正常乳腺组织并不存在假阳性结果. 实验中, 79 名患有乳腺肿瘤女性接受了乳腺磁共振波谱检查, 乳腺磁共振波谱对侵犯肿瘤的灵敏度是 98%. 为了检测乳腺组织胆碱信号, 27 位妇女接受了检查, 其中 69% 是绝经后妇女和 31% 是绝经前妇女. 结果发现: 受试者没有一个假阳性胆碱峰. 78% 归类为 BIRAD1, 4 例是 BI-RAD3, 一个是 BI-D4 活碱良性. 1.5T 乳腺磁共振波谱特异性并不受月经周期影响. 因此乳腺磁共振波谱可以提高绝经前妇女诊断的特异性.

4.2.2 磁共振功能成像(fMRI)

奥地利因斯布鲁克大学医院的 Florin Koppeltaetter 博士采用 fMRI 确定咖啡因影响短期脑记忆在脑的位置, 选择了 15 个年龄在 26—27 岁之间的男性, 在他们进行 fMRI 之前, 让他们喝高浓度的咖啡因或安慰剂, 20min 后测试记忆, 此时咖啡因作用

发挥最大, 用 fMRI 显示脑血流改变部位以确定咖啡因作用的部位, 证明了咖啡因对短期脑记忆具有肯定的作用, 作用在记忆网络的注意力环节上.

4.2.3 7.0T 超高磁场 MRI 在临床试用——MRI 技术的新发展

20 世纪 80 年代初 MRI 技术从低磁场、中磁场、高磁场(1.5T)不断发展, 90 年代出现开放型 MRI 和超高磁场 MRI(2.0T、3.0T、5.0T、7.0T、8.0T), MRI 技术飞跃发展, 令人“眼花缭乱”. 美国加州大学正在应用 MRI 大脑血液灌注成像诊断痴呆病人, 发现早老性痴呆病人形成的神经髓鞘最先发生病变. 美国霍普金大学医院研究人员指出, MRI 和 CT 都可以较好地检查出心律失常性右心室发育不良对心肌间出现的脂肪病变. 中国北京医院放射科李果珍教授从 1998 年开始, 迄今 8 年来不断进行 fMRI 对针灸的研究, 引起国际重视. 2004 年 RSNA 年会上已展出了 7.0T 超高磁场 MRI, 其临床应用价值和优越性, 专家们正在研究和评估, 这也是 MRI 技术的革命.

5 精确放射治疗——影像引导放射治疗

20 世纪 90 年代数字影像技术的飞跃发展, 为放射治疗提供准确的影像信息, 引导放射治疗尽量做到高剂量的射线集中射到肿瘤靶上, 以杀死癌细胞, 而低剂量的射线则射在靶周围的组织, 不会伤害正常细胞, 这就是影像与放疗相结合的精确放射治疗(Precision Radiotherapy). 现介绍具有最新最好治疗效果的两种疗法.

5.1 调强放射治疗(Intensity Modulated Radiation Therapy, IMRT)

IMRT 是国际公认最有发展前途的精确放疗, 现已广泛应用于世界各国, 在我国也正在不断推广应用于治疗各种癌症. 这种疗法的优点是, 通过调节放射强度, 使其尽量适合肿瘤靶形状进行放射治疗, 让高剂量的射线射入肿瘤靶上杀死癌细胞, 而让低剂量的射线射在肿瘤靶外, 尽量避免伤害正常细胞. 无论是适形放疗或立体定位放射外科疗法都应用调强放疗, 以达到最佳效果.

5.2 断层放射治疗(Tomotherapy)

这是美国威斯康星大学医学物理系的托马斯·麦基教授(Thomas Rock Mackie)发明的, 他应用 CT

的断层扫描原理与放射治疗相结合,实现断层放射治疗.这是创造性的新疗法,现正在临床推广应用,可达到更精确的放射治疗.

其他立体定位放射外科疗法,如 X 刀,γ 刀, Cyber 刀等等,都尽量实现精确放疗,在这里不作介绍了.

6 国际医学物理学的新发展对我们的启示

近 60 年来,发达国家的现代医学科技飞速发展的动力是什么呢?我认为主要有三大动力:第一是培养了一大批出色的现代化医学家,第二是培养了一大批出色的医学物理学家,第三是具有历史悠久的名牌医疗器械企业.三者通力合作,不断研发出一系列的现代高新技术的医疗器械,促进现代医学发展.

在我国,我们也培养了一大批出色的医学家,老、中、青三结合.例如放射科,北京医院李果珍教授、天津医科大学总医院吴恩惠教授(两人都是 RS-NA 的荣誉会员)、天坛医院戴建平教授、天津医科大学祁吉教授、中山大学第二附属医学梁碧玲教授等,还有放射肿瘤科,在北京有殷蔚伯教授、徐光炜教授等.他们都是出色的现代医学家.

遗憾的是我们没有培养出大批出色的医学物理学家,建国 57 年来,全国大学没有设立医学物理系,医学物理学只作为三级学科在生物医学工程系下设教研室,把医学物理这门理科放在生物医学工程这门工科之下,实在难以理解.在发达国家,医学物理学作为一级学科在大学里设立医学物理系,培养大批本科、硕士、博士,为什么我国不培养医学物理学人才呢?

在发达国家,各大学所属医院都设立医学物理师制度和职位,与有关医师合作进行诊疗工作.我国的医院没有设立医学物理师制度和职位,这是为什么?

在发达国家,所有医疗器械企业都与医学家和医学物理学家合作,研发创新高技术新产品,在中国,大部分医疗器械企业以仿制外国产品,购买外国零部件为主,近年来更与外国名牌企业合作经营,缺乏自主创新性的产品,这又是为什么?

从上述的实情对比,的确值得我们反思.大量事例证明,我国医学科技的发展应该与发达国家一样,依靠三个动力,而我们缺了两个动力,其中大力发展

医学物理学这门新兴学科,培养大批医学物理学家是关键.国际医学物理学近 60 年来大发展给我们的启示就是必须重视医学物理学在中国的发展壮大.

建议教育部批准医学物理学为一级学科,各大学应建立医学物理系,培养新一代医学物理学家.建议卫生部批准各三甲医院建立医学物理师制度和职位,使大学培养的医学物理学学士、硕士、博士进入医院工作或医疗器械企业合作研发创新医疗器械.科技部宜大力支持医学家和医学物理学家参加国家科研项目,研发中国自主创新的名牌产品.

五十多年过去了,我们必须正视现实,不容拖延地正确处理医学物理学在中国的发展壮大,中国医学科技的发展需要医学物理学家与医学家合作,才能与时俱进,开创中国医疗事业发展的新篇章.

参 考 文 献

- [1] 谢楠柱. 医学物理学在中国的发展前景,香山科学会议第 221 次讨论会文集,2004[Xie N Z. The Future Development of Medical Physics in China, 2004(in chinese)]
- [2] 谢楠柱. 1981—1999 年国际科技交流实录(跨世纪的奉献). 广州:广东科技出版社,2001 [Xie N Z. The Report of the International Scientific Exchanges in 1981—1999 Guangzhou :Guangdong science and Technology press, 2001(in chinese)].
- [3] J. Cameroon 与谢楠柱对话——21 世纪医学物理学的远景(跨世纪的奉献). 广州:广东科技出版社,2001 Xie N Z. The Future of Medical Physics in the 21 Century[Guangzhou : Guangdong science and Technology press, 2001(in chinese)]
- [4] Xie N Z. Medical Imaging and Precision Radiotherapy. The Foundation of International Scientific Exchange, 2001
- [5] Laughlin J S, Goodwin P N. History of the AAPM. AAPM through the American Institute of Physics Publishing, 1998
- [6] Hopps J A. A History of the IFMBE. IFMBE Publishing, 1997



作者简介 谢楠柱,男,广州医学院医学物理学终身教授,1992 年国务院特殊津贴专家,第六、七届全国人大代表.1984 年为美国医学物理学家协会(AAPM) Full Member, 1996 年转为 Emeritus Member. 1989—1994 年任国际医学物理组织(IOPM)发展中国家委员会两届主席.2002 年受聘为清华大学工程物理系兼职教授和泰山医学院放射系兼职教授.