

# 我国医学物理工作者的任务\*

包尚联<sup>†</sup>

(北京大学医学物理和工程北京市重点实验室 北京大学物理学院 北京 100871)

**摘要** 医学中的物理学问题涉及把物理学的概念、理论和方法应用于人类疾病的预防、诊断、治疗和康复的全过程。因此,由物理学和医学结合而形成的医学物理学科必须按照一个一级学科规范要求做出定义,使得这个专业的学生能够在与其他学科大体相当的时间内完成学业,成为这方面的专门人才。世界上50多年来形成并快速发展的医学物理学科已经定义了自己的学科范围和内容,人们可以从中获得启发。现在世界医学物理学的主流仍然是医学影像物理学和肿瘤放疗物理学,但是物理学的各个分支学科都已经和正在形成与医学结合的新的发展方向。很多新技术,例如超声技术、激光技术、纳米材料技术、电磁波技术、磁共振技术、同位素技术、光源和射线探测技术等等,也都是医学物理学科中广泛使用的关键技术。文章从医学的需求角度,把医学中的物理问题归纳为诊断、治疗、医疗装置和医学软件四个方面,并由此分析了医学物理工作者的任务。

**关键词** 医学中的物理学问题,医学影像物理,放疗物理,医疗装置,医学软件

## Mission of scientists and engineers in medical physics in China

BAO Shang-lian<sup>†</sup>

(Beijing Key Laboratory of Medical Physics and Engineering, School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract** The physical problems in medicine are concerning with the applications of physical principles, theories and methodologies into prevent, diagnosis, therapeutics and healings for human health. Therefore, the medical physics formed by the combination of physics and medicine must be defined according the regulation of a first rank graduated program, which makes the students could be specialists in the field after they finished their school works in an equivalent time period with other mature science graduated program. We can learn these advantage knowledge from the earlier developed countries on medical physics from their more than 50 years developed experience. The mainstreams of Medical Physics in developed counties are the medical imaging physics and radiotherapeutical physics. But the all branches of Physics are already or going on to form their new developing directions in Medical Physics. Many new technologies, such as ultrasonic technologies, laser technologies, nanomaterial technologies, electric and magnetic wave technologies, magnetic resonance technologies, isotopic technologies as well as the technologies on ion sources and detectors are also the key technologies in Medical Physics. Although the problem how to define the range and class the branch of Medical Physics is not a main problem in the article, but I classed these problems as diagnosis, therapeutics, devices and software from the requirement of human health.

**Keywords** physical problems in medicine, medical imaging physics, radiotherapeutical physics, medical device, medical software

我国医学物理工作者的主要任务是运用物理学的原理和方法解决疾病预防、诊断和治疗中出现的各种物理问题。医学物理工作者应当认真关注和深入研究医学中的各种物理问题。医学中的物理学问题涉及把物理学的概念、理论和方法应用于人类疾

\* 国家自然科学基金(批准号:10527003,60672104)、博士点基金(批准号:20040001003)资助项目;教育部重点项目(批准号:104237)、北京市教委共建项目;国家重点基础研究发展计划(批准号:2006CB70570005)资助项目

2006-8-21 收到初稿,2006-12-16 收到修改稿

<sup>†</sup> Email: bao@pku.edu.cn

病的预防、诊断、治疗和康复全过程。由于物理学和医学都是范围非常广泛的大一级学科,所以,医学物理学科必须重新定义和归纳相应的知识结构,以形成一门独立的学科,才能使得相应的学生能够在与其他学科大体相当的时间内完成学业,成为这方面的专门人才。因此,医学物理学科不是应该不应该有,也不是涉及的范围窄还是宽的问题,而是如果没有这个学科,我国人口的健康服务水平不可能和生产力的发展同步。世界上50多年来形成并快速发展的医学物理学已经定义了自己的学科范围和内容,我国可以从中获得启发。现在世界医学物理学的主流仍然是医学影像物理学和肿瘤放疗物理学,但是物理学的各个分支学科都已经和正在形成与医学结合的新的发展方向,物理学的声、光、热、电、磁,以及作为现代物理标志的核物理和核技术,甚至基本粒子技术都可以为人类的健康服务,而且已经形成了相应的装置和诊疗的核心技术。现代技术提供的很多新方法和新技术,例如超声技术、激光技术、纳米技术、电磁波技术、磁共振技术、同位素技术、光源和射线探测技术等等,也都是医学物理学科中广泛使用的关键技术。关于如何把医学中的物理问题进行归类 and 总结不是本文主要讨论的问题,但是从医学的需求角度可以将医学中的物理问题归纳为诊断、治疗、装置和软件4个方面。因此,我认为,医学物理工作者主要有以下4个方面的任务。

## 1 研究和解决疾病诊断中的物理问题

医学的主要任务之一是对疾病的诊断。从我国古代就发展起来的“望闻问切”到现代的无创伤医学成像手段对疾病的诊断,科学技术在医学中的广泛应用是由人类疾病诊断的需求推动的,这是人人都能看得到的。目前诊断学依据的信息来源于三大类技术及其装备:医学成像、生化测量和显微镜检测。其中无创伤的影像的诊断技术发展得最快,生化测量的技术正在受到并行采集和并行分析的生物芯片技术的冲击,生物显微镜技术的数字化和自动化已成为发展的必然趋势,实质内容是医学成像技术在显微镜光学领域的渗透和应用。这些技术手段采用的全是物理学的原理和方法,用于采集人体各个层次上的信息,并分析获得的信息,为临床医生获得诊断结论提供定性和定量的数据,提高诊断的准确率。这方面的发展,目标就是为诊断提供更为准确的信息,更加方便医生使用。发展内容包括整机、关键

部件和软件3个方面。

在影像诊断领域,我国和发达国家的差距很大。作为世界上人口最多的国家,保障我国人民健康的关键技术和装备必须依靠我们自己的力量来实现,正因为这个行业的发展对我国医疗行业的重要性,现在是采取行动加速发展的时候了。当前的任务是通过寻找突破口,首先在每个局部上赶上和超过发达国家的水平。为实现这个目标,也需要把从国外进口的大量设备用好,进一步开发这些设备的功能,使之形成不同科室使用这些设备的特点,重点考虑辐射防护和实施诊断中设备的质量控制与保证。目前用于医学成像的物质波很多,已经在临床广泛使用的成像物质波包括X射线、 $\gamma$ 射线,电磁波谱中其他频段的电磁波以及超声波4种,形成目前广泛使用的X射线成像、核医学成像、超声波成像和核磁共振成像4种模态几千种产品,形成了一个范围广泛的产业群,以及围绕产业的教学、科研和应用,构成医学影像事业。其热点问题包括新的成像模态的发明,新的产品种类和新的品种的创造以及对现有四大成像模态有关设备新功能的开发。首先要在整个行业内有我们自己的一席之地。有些公司,在单个项目突进的过程中,由于受到我国基础工业水平的支持比较弱,大部分关键部件还必须进口,难于形成自己的知识产权,为了自身的生存,不得不被外国公司收购,这种情况不乏其例。在开发已经进口的大量大型诊断设备的过程中,需要特别指出的是,综合不同模态成像设备的信息,满足特殊科室对疾病诊疗的需要是当前发展的重要方向。医学成像已经可以采集人体解剖学、生理学和心理学等多方面的信息,但是这些信息并不是同一台设备在一次数据采集中完成的,把互补的信息整合在一起,是这个领域发展的重要内容。从疾病诊断的角度看,医学成像目前正在向疾病预防、早期诊断、准确诊断,以及治疗过程影像检测、预后等更加广泛的医疗过程渗透。

在生化测量和生物芯片分析测量技术方面,我们和世界的差距并没有医学成像领域那么大,机会更多一些,但是已经有产品的公司,仍然需要经费的支持,以便有足够的的时间和费用支持研发,把存在的问题进一步解决是当前的关键。有些公司有待于基础研究的突破,过早进入产品开发也有失败的可能性。

显微镜技术的数字化和自动化是中国有所作为的领域,因为设备比较小,成像技术,尤其是图像处理技术在这个领域的应用难度比较小,需要国家进

行安排,使其有更多的公司介入,这是大有作为的领域。

## 2 研究和解决疾病治疗中的物理问题

对人疾病的治疗方法实际上主要分为物理治疗和化学治疗两大类:前者依赖于医疗器械,与大外科关系密切;后者依赖于药物,和大内科关系密切。除了物理和药物治疗外,目前还有心理治疗和生物学基因治疗等,但都还处于辅助地位或者临床试验阶段。从这里可以看到疾病治疗中的物理问题在人类疾病治疗中的重要地位。但是,由于历史上形成的分类学,狭义地理解物理治疗方法主要指放疗、热疗和理疗三大类,最近出现的介入治疗和手术导航可以将其归为第四类。在医院内,它们分属不同的科室。放疗开始于居里夫人的近距离放射性同位素放疗,目前近距离放疗仍然是放疗的重要方面,但是其主流方向已经转到以医用电子直线加速器产生的 X 射线放疗和 $^{60}\text{Co}$  立体定向远距离放疗技术上来。除此以外,质子放疗、重离子放疗等在发达国家开始成为产品。对于这类并没有在世界上广泛使用的技术(例如质子放疗和重离子放疗),中国引进时要采取慎重态度。这些放疗模式的优势和我国国民经济能力之间的平衡,以及产品的成熟程度和我们自己的支撑能力之间的差距,使得过早采用这些技术的医疗单位面临巨大的风险。

放疗领域当前的热点是适形调强放疗(IMRT)和影像导引下的放疗(IGRT)。放疗实际上是外科手术切除方法的延续和补充,其目的是消除病灶的同时最大限度地保护正常组织,由于放疗是不流血和无创伤的治疗方式,对中晚期肿瘤病人更具有吸引力,所以中国的放疗很多属于姑息治疗的范畴。但是,放疗也应该以治愈为目标,即对那些早期发现的癌症病人首选放疗的治疗方案,随着放疗技术的进步,诸如 IGRT 应该把治愈作为主要发展方向。作为首选的放疗新技术已经出现。

热疗并不是一种新的治疗模式,对疗效一直有争论。热疗之所以能够用于治疗癌症,主要是利用癌细胞和正常细胞对热的耐受能力的差别。癌细胞对热的耐受能力差,正常细胞略高。当前讨论的热点是热疗的适应症及在多大程度上能够保证治疗的范围限定在需要消灭的病灶上。人体是热的不良导体,热疗的困难是不容易形成一个适形的温度场,因此无创伤温度测量是实施过程中的难点。目前国内有很

多人在尝试各种热疗方法,有些方法科学性显得不足。目前临床上尝试的超声聚焦、射频消融和微波治疗,都属于热疗的范畴。核磁共振成像方法测量温度分布或许是一种好的选择,目前的测量精度还不够高,同时还需要和热疗机整合成可以实时测量的设备,达到引导热疗的目的还需要在研发方面走一段较长的路。

目前医院的理疗实际上是利用射频波、电磁场和热辐射场等原理直接对人体进行局部作用,实现对非肿瘤疾病的一种辅助治疗方法。

## 3 要为新医疗仪器和装备设计提供新的物理思想和技术路线

根据物理学的原理设计各种诊疗仪器和装备并实现原型样机的过程是物理工作者可以介入到医疗仪器和装备行业的一个切入点,尤其是对新的医疗装备新原理和新技术路线的设定。一个新的医疗仪器和装备最重要的部分是新原理和新方法,然后才是工程学需要解决的新技术和新工艺问题。目前主要包括各种成套的成像装备、成套的治疗装备及其软件,其中在医院放射科、放疗科、核医学科和生化测量室广泛使用的数字化仪器和装备等,因为这装备的附加值高,不可或缺,而且占有医疗机构的大部分固定资产,国家需要格外重视,因为这些装备已经构成一个国家医疗水平的重要方面,构成国家战略物资的重要组成部分。从发展趋势看,现代数字医疗核心装备中软件所占的价值比例已经超过硬件,充分体现了信息革命给产业结构带来的变化。从我国产业政策来看,这些仪器和装备已经成为医院现代化和数字化的标志,成为很多国家和地区经济发展中新的增长点。但是这些仪器和装备在我国的国产化程度还比较低,是需要重点资助和发展的产业领域。

当前讨论的热点是为什么我国在这个领域内和世界差距那么大,高端产品市场都被外国公司占领,而外国公司的骨干却很多又都是中国人或者华人。我们的结论是我国还没有形成从学科的人才培养和产业研发基地,到规范化的销售服务制度和合理竞争的产业链等良性发展的环境。现在各级政府开始重视这个问题,相信经过 10 到 20 年的努力,这种局面就会从根本上改变,而改变的根本措施是建立相应的学科和研发基地。如果我国在这个领域内没有

自己的地位,要在2020年左右成为世界制造业和软件业大国是不可能的.当前最最紧缺的仍然是高水平的人才.这些人才应该具有坚实的物理学基础,还要有医学知识,能够和医生沟通,并且具备计算机软件和科学工程的实施能力.

#### 4 要为我国医疗机构的数字化和信息化做出贡献

把医院内对病人采集的影像信息、生化信息、电子病历等信息源和医院的收费管理系统、质量保证体系一起,与患者进入医院之后医生为他(或她)设计的流程捆绑,建立起医患之间信息及时沟通的渠道是医院现代化、建立以人为本的管理模式的重要标志.在这个信息流的产生和管理过程中,需要大量的医学软件,这些医学软件必须针对不同医院的不同流程和习惯,甚至涉及到对特殊专家多年积累的经验的总结和推广.所以,这个行业的从业人员必须具有和医生沟通的能力,必须坚持为医院长期服务的思想,或许成立数字医院设计院是一种好的发展模式.采用这种模式使得这个行业的发展形成规范,在长期的发展中形成自己的专业特点.正如当前的建筑业一样,必须有设计院、施工队伍和监理机构,形成互相合作又互相制约的新型行业,合理合法参与竞争.

从作者长期观测的结果看,医院,即使是高水平的三甲医院,也不可能完全靠自己的研发力量跟上信息时代计算机和软件的更新速度,保证医院的数字化和信息化处于高水平.通过培训工作不断提高医护人员的数理基础和计算机技术的平均水平也是当前急需解决的问题之一.当前的争论热点是,我国是否已经建立起相应的制度使得我国医院跟上信息革命的步伐,以及如何才能做到这一点.

当前,医院把数字化医疗仪器和装备作为信息源的节点,在医院建立起信息网络的主干道的任务已经基本完成,难的是如何让每个医务人员和患者都能够充分使用这些信息为诊疗服务,并把两方面的需求结合起来,这就是本文前面提到的医患之间的及时沟通信息,及时为诊疗服务.通过建立相应的专业机构,把大批既懂计算机和医学软件,又能和医护人员有共同语言的技术人员组织起来,把患者和资源两方面的信息进行分类分析和系统集成,并通过持续不断的培训,让每个医生、护士和患者能

够使用这些信息源,是医院信息化的一种可行的发展模式.医学物理专业的研发工作也包括这部分内容,并培养相应的人才.

因为医院的主要医疗仪器和装备是用物理原理和方法设计和制作的,所以在医院信息化的过程中,物理工作者承担的任务包括在如何采集更多的信息并变成某种规范使其进入信息流的工作流程中.他们可以在源头上发挥作用.因此,物理工作者在医疗机构的信息化过程中,对流程的设计,对尽可能采集更多的信息这一点来说,是别的学科工作人员不能取代的工作.

#### 参 考 文 献

- [1] 包尚联,唐孝威.自然科学进展,2006,16(1):7 [ Bao S L, Tang X W. Progress in Natural Science, 2006, 16(1):7 (in Chinese) ]
- [2] 包尚联,赖松,周云等.中国医疗器械信息,2006,12(1):27 [ Bao S L, Lai S, Zhou Y et al. China Medical Device Information, 2006, 12(1):27 (in Chinese) ]
- [3] Guidelines for Accreditation of Graduate Educational Programs in Medical Physics Commission on Accreditation of Medical Physics Educational Programs, June 1998, Revised May 2003, <http://www.campep.org/>



作者简介 包尚联,男,江苏省大丰县生人,现任北京大学教授,北京大学医学物理和工程北京市重点实验室主任,北京大学肿瘤物理诊疗技术研究中心主任.兼任:生物医学工程学会医学物理分会副理事长,医学影像专业委员会

主任,电子学会生命科学分会副理事长,电子学会专家委员会委员,仪器仪表学会医疗仪器分会常务理事,诊断仪器专业委员会主任,世界医学物理组织亚太地区组织联盟常务理事、科学委员会主席,世界医学物理组织(IOMP)专业发展委员会( PRC )和科学委员会( SC )成员,世界医用磁共振成像学会( ISMRM )会员.1994年在重离子物理研究所建立医学物理学科方向,同年也成为核技术及应用学科的方向并招收医学物理学科的研究生,建立了医学物理课程体系,著有《现代医学影像物理学》、《脑功能成像物理学》等多本专著,已经培养了40多名医学物理专业的博士生和硕士生.