

纪念 X 射线发现 100 周年,为发展我国医学影像学而奋斗!

中国医学科学院阜外医院 (北京,100037) 刘玉清

摘要: X 射线的发现是自然科学史上一个重大的里程碑。X 射线在医学上的应用,开创了 X 线诊断学、放射学的新纪元,在此基础上现代医学影像学的形成和发展,在相当程度上改变了医学科学尤其是临床医学的进程,为人类的疾病防治作出了巨大贡献。为纪念伦琴发现 X 射线,造福人类的伟大功绩,本文简述 X 射线发现、X 线诊断学和放射学的形成和进展,以及现代医学影像学的兴起、发展和展望,愿与广大同道共同为发展我国的医学影像学而努力奋斗。

关键词: X 射线 医学影像学

X 射线的发现及其在医学上的应用,其后现代医学影像学的形成和发展,不仅是自然科学史上的一个重大的里程碑,而且在相当程度上改变了医学科学尤其是临床医学的进程,为人类疾病的诊治作出了巨大贡献。本文概述 X 射线的发现、X 线诊断学和放射学的形成和进展,以及现代医学影像学的兴起、发展和展望,以纪念伦琴发现 X 射线,造福人类的伟大功绩。

1 X 射线的发现、X 线诊断学-放射学的形成和发展^[1-3]

1.1 X 射线的发现

1895 年 11 月德国物理学家伦琴(Wilhelm Conrad Röntgen, 1845~1923)在进行真空管高压放电的实验中,当高电压通过包有黑纸的阴极管时,附近的一块涂有铂氧化钡的纸板(荧光板)显出明亮的荧光。当他用手拿这块荧光板时,惊奇地发现看到了自己的指骨,其后又将他夫人的手摄成世界上第一张 X 线照片。这就是 X 线荧光透视和 X 线摄影的起源。

当时伦琴确认,这是一种肉眼看不到,但具有穿透某些物质并产生荧光、有感光作用的新型射线。但它不同于阴极线,系阴极线撞击阴极管玻璃产生的一种射线,其后实验又发现撞击 2mm 厚的铝板亦可产生此种射

线。当时,因对这种射线的性质尚不完全清楚,故以数学上的未知数“X”命名为“X 射线”,并于 1896 年 7 月 23 日于维尔茨堡德国物理学和医学学会上以“关于一种新型射线”为题的论文正式报告了他的实验研究结果及新发现,从而揭示了一种新型射线的诞生,为放射诊断学和放射治疗学的形成奠定了基础。为此,伦琴于 1901 年被授予诺贝尔物理学奖。世人为纪念伦琴的伟大发现和功绩,又称 X 射线为伦琴射线或伦琴线。

1.2 X 线诊断学-放射学的形成和发展

X 射线发现伊始即被应用于医学临床,首先是用于诊断骨折和异物,其后逐步应用于人体各部的诊断检查。在 X 射线应用初期,由于机械、设备的限制,照一张头颅片需要曝线 20 多分钟,过后病人有脱发,又发现制造 X 线机工人皮肤损伤、视力障碍等,得知 X 射线对机体有损伤作用,这种生物学作用其后用于治疗疾病。1898 年 12 月居里夫妇发现镭及其医学治疗上的应用,进一步丰富和促进了放射治疗学的发展。

X 射线是一种波长极短(0.5~0.125 Å)的电磁波。X 线诊断学是应用 X 射线的某些重要物理特性,即 X 射线的穿透力,对荧光物质和胶片的感光作用,穿透人体后于荧光屏或胶片上显示其解剖和组织结构的形态、生理功能和病理状态的影像,从而进行诊断

的。由于X射线电离辐射的物理性质,X线诊断学后来又普遍称为放射诊断学。早年放射学(Radiology)包括放射诊断学(Diagnostic radiology)和放射治疗学(Therapeutic radiology or Radiotherapy)。其后由于科学发展,诊治任务的调整,近年放射治疗学逐步发展成为放射肿瘤学(Radiation oncology)。现在,放射诊断学一般指或称为放射学。

放射学,近年来由于X线机械(主要是X线球管和变压器)和相关连的仪器、设备和人工对比剂(造影剂)的不断开发和发展,尤其体层装置、影像增强器、连续摄影和快速换片,以及X线电视、电影和录相记录系统的应用,在本世纪60年代中、末期已形成较完整的学科体系。通过摄片和透视两大类技术的适宜选用及综合,X射线适用全身各系统,如呼吸、循环、消化、泌尿生殖、骨骼、中枢神经和头颅五官等疾病的检查,可提供重要的和确切的诊断信息,已成为临床医学中不可或缺的重要组成部分。

我国的X射线工作始于本世纪10~20年代。据知,1915年上海少数医院已有X线机,20年代初于当时的北平协和医学院建立和运营的X线学科(后改称放射学科(系)),恐系我国最早从事这一专业的学科组织。新中国成立后,自50年代初期至60年代早、中期是我国放射学-X线诊断学迅猛发展时期。其后工作进一步深入,由一般放射学(General radiology)向诸如腹部、心血管及胸部、骨关节和神经放射学等专业分工(Subspecialty)发展。不少高等医学院校、大型综合医院逐步建立了“专业组”。与此同时,胸部、心血管、骨关节和肿瘤等专科医院与研究机构相继组建,从而把我国的整体放射学水平提高到一个新的阶段。

1.3 X线诊断的限制

实践证明,密度或对比分辨率低,不能分辨软组织的微小密度差别为X线诊断的主要限制。例如对肝、胰、脾等实质性脏器,脑实

质(灰、白质)及其与脑室、脑沟的区分(如不施以对比剂),肢体和关节的软组织等,X线检查均不能发挥重要的诊断效用。CT的问世和现代影像学技术的开发和应用,使传统X线诊断的效用和应用范围已明显或相当缩小。作为医学影像学的组成部分,X线在综合的影像诊断中特别对肺部、骨骼、胃肠道和心血管(尤其冠状动脉)仍占有重要的或主导地位。

2 现代医学影像学的兴起、进展和展望

2.1 影像学新技术的开发和进展

CT是电子计算机X线扫描横断层摄影(Computerized transverse axial scanning tomography)或电子计算机X线体层即电算体层(Computed tomography)的国内外通用简称。为区别于放射性核素的发射型CT,又称X线CT。

CT是电子计算机技术和X线技术相结合的产物。根据图像处理的数学原理,应用X线横断层技术,以高灵敏度的晶体和光电倍增管组成的检测器代替X线胶片,把测得大量数据交由电子计算机处理而形成横断面图像。在多年图像重建的数学研究、计算机科学的发展等大量前人工作的基础上,1972年英国工程师Hounsfield首次研制成功第一台用于颅脑的CT扫描机。CT的问世是1895年X射线发现以来放射学的一个革命性进展,为现代医学影像学奠定了基础。CT以横断面体层成像,无前后影像重叠,不受层面上下组织的干扰,同时由于密度分辨率显著提高,能分辨出0.1%~0.5%X线衰减系数的差异,比传统X线检查高10~20倍,还能以数字形式(CT值)作定量分析。20余年来,CT更新了四代,扫描时间由最初的3~5分钟缩短至1~5秒,空间分辨率也提高到0.1mm以下。CT在影像诊断学中占有重要地位,对颅脑、腹部的肝、胆、胰和后腹膜腔肾、肾上腺等病变的诊断,已基本取代了传统

的 X 线技术,占主导地位。近年来对胸肺和纵膈一些疾患的诊断效用愈来愈受到重视。

80 年代初,Boyd 等研制开发的超高速 CT,以电子束和靶环取代扫描架的机械运动(故又称电子束 CT),解除了 X 线管热负荷的限制,将扫描时间由秒级提高到毫秒级,基本上满足了心脏诊断要求。于 80 年代中后期螺旋型(Spiral)CT 的开发,短时间无间断的连续长段扫描,实现了一次屏气下体积(如全肺或全肝)扫描。由于数据采集量加大,可作快速无间隙的图像重建和三维成像;另一方面可准确地追踪造影剂的通过过程,从而可获得 CT 血管造影。这样使 CT 的临床应用范围和诊断效用进一步扩大和提高。

80 年代初应用于临床的磁共振成像(Magnetic resonance imaging, MRI)是一种崭新的非电离放射性医学成像技术。核磁共振现象(NMR)最初是由美国的两物理学家 Bloch 和 Purcell 分别同时于 1946 年发现的,至 50 年代作为一项重要的化学分析技术,主要应用于研究物质结构。60 年代末至 70 年代开展了 NMR 医学成像研究。1971 年美国 Damadian 提出 NMR 信号可检测疾病,1972~1973 年美国 Lauterbur 认为应用 NMR 信号可重建图像。70 年代后期已进入人体 NMR 体层成像的实验阶段,80 年代初研制成功商品化的 NMR 成像设备,并迅即开展了临床应用研究。其后在医学上 NMR 成像则简称为 MR 成像,即 MRI。

MRI 与 X 线成像技术不同,它是应用人体某种物质(如氢, H)的原子核置于静磁场如受到一种特定频率的射频(RF)信号激励时所发射出的无线电信号成像的。以 H 原子核成像为例, MRI 具有原子核的质子密度、纵向(T_1)和横向(T_2)弛豫时间和血流等四种成像参数。

MRI 有多种信号回收和成像方法。自旋回波(SE)系列为最常用的一种。MRI 的密度分辨率高,调整梯度磁场的方向和方式,可直

接摄取横断面,冠、矢状面和斜位等不同体位的断层图像等,为 MRI 优于 CT 的特点之一。早年 MRI 扫描时间长,使临床应用受到一定限度。近年开发的快速成像(如梯度回波, GRE)序列和超快速成像(如平面回波成像, EPI),与 SE 和 GRE 序列结合形成 SE-EPI 和 GRE-EPI,将原以分计的成像时间缩短至秒和毫秒水平。以 GRE 序列为例,与心电门控技术结合可用于心脏的 MR 电影诊断;一次激发的 EPI,每帧成像时间 ≥ 50 毫秒,可达到实时成像的目的,将可用于心脏运动功能、血流测定和心肌灌注显像等。同时,应用液体流动相关增强现象和快速成像技术而开发的 MR 血管造影(MRA),已应用于临床。颅脑和颈部 MRA 已逐步取代普通血管造影,胸腹主动脉主要分支、肢体动脉等也收到良好的诊断效果。

MRI 迄今已广泛应用于全身各系统,实践证明以中枢神经、心血管系统、肢体关节和盆腔等效果最好。近年来腹部 MRI 诊断效果已接近和达到 CT 水平,现已成为影像诊断学最重要的组成部分。生体 MR 波谱分析[MR Spectroscopy (MRS) in vivo]具有研究生体物质代谢和功能的潜力,目前处于实验向临床过渡的阶段。今后如能实现 MRI 与 MRS 结合的临床应用,将会引起医学诊断学一个新的突破。

数字减影血管造影(DSA)和数字化 X 线摄影技术或称电子计算机 X 线摄影术(CR)是 80 年代开发的数字式成像技术。DSA 是以数字荧光成像(DF)为基础,应用时间和碘剂 K-缘能量减影法,可从电视透视影像中分辨很低的碘信号。其后设计的数字式视频图像处理,可将电子扫描的 X 线透视图像以数字形式存储起来。1980 年美国和德国首先分别研制成功 DSA 装置,迅即广泛地应用于临床。开始为静脉法 DSA,逐步开展了动脉法以及各心腔和胸腹主动脉分支的选择性 DSA 技术。DSA 具有少创伤(尤其静脉

法 DSA)、实时成像、对比分辨率高、安全、简便等特点,从而扩大了血管造影的应用范围和效率。CR 技术是以影像板(image plate,以辉尽性荧光物质为主要成分)为记录载体,代替 X 线胶片,经过激光扫描转换成数字信号。再经 D-A(数字-模拟)转换等图像处理,即可再度记录于 X 线片上,亦可作为数字化图像加以储存和传输等。以 X 线胶片记录的 CR 具有减少曝线量和宽容度大等优点,更重要的是作为数字化图像可纳入 PACS(图像储存与传输系统)系统。CR 系统于 1982 年最早由日本开发应用的,现已成为将普通 X 线片(如胸片、胃肠片等)纳入 PACS 系统的主要方法。

2.2 现代医学影像学的形成和发展^[2,4]

本世纪 40 年代末期电子技术迅猛发展,50 年代和 60 年代超声和放射性核素(当时曾称为放射性同位素)技术相继出现,但这些技术在医学上的应用,CT 问世以前往往各成系统。1972 年 CT 的开发,使医学成像技术进入了一个以电子计算机和体层成像相结合、以图像重建为基础的新阶段。至 70 年代中、末期和 80 年代初期,超声体层、放射性核素体层、MR 体层成像和数字式 X 线成像逐步兴起,并应用于临床。这些技术成像参数、诊断原理和检查方法虽各有不同,但结果都是形成某种图像,依此进行诊断,故统称为影像学诊断。

与此同时,介入放射学自 60 年代兴起,于 70 年代中期逐步应用于临床并获得迅猛发展。应用放射和影像学诊断的知识和技术,尤其是导管和针刺技术对疾病或病变采取治疗措施,或取得活体标本进行细菌学、组织学和生物化学诊断的方法。因此,介入放射学又可分为介入治疗和介入诊断两类,近年来介入治疗的进展尤为迅猛。通过血管和非血管性介入技术,进行栓塞/药物灌注(化疗、溶栓、止血等)、血管成形术、各部位扩张术、置放内支架、置管引流、造瘘、结石处理、异物摘

取以及新近开展的经颈静脉肝内体-门静脉分流术(TIPS)等,介入治疗已应用于全身各系统。例如以栓塞兼用局部化疗治疗肝癌、肾癌和肺癌等恶性肿瘤;以球囊导管/切割器/内支架置放等治疗髂、股动脉狭窄、阻塞所致的下肢缺血;肾动脉狭窄所致的肾血管性高血压;以冠状动脉成形术和球囊瓣膜扩张术治疗冠心病心绞痛、风湿性二尖瓣狭窄和先天性肺动脉瓣狭窄;经导管注入栓塞和/或止血药物治疗胃肠道和呼吸道出血;注入尿激酶、链激酶类药物治疗动脉急性血栓栓塞包括冠状动脉内溶栓术治疗急性心肌梗塞;胃肠道和泌尿道(如瘢痕性)狭窄的球囊扩张;经皮或窦道取石术;腹、盆腔深部脓肿引流术等等,均收到良好以至优良的疗效。因介入治疗具有安全、简便、经济等特点,深受医生和患者的普遍重视和欢迎,现仍处于不断发展和完善过程。

综上所述,两者的结合,使放射学从比较单一的 X 线诊断学发展成为一门诊断和治疗兼备的新的临床医学学科,即包括应用多种成像技术的影像诊断学和采用介入性方法治疗疾病的介入放射学,共同构成了(现代)医学影像学。

3 我国医学影像学发展的展望^[5]

在传统放射学的基础上,我国自 70 年代末至 80 年代初、中期开始引进并开发 CT、MRI、DSA 等影像学新技术和介入放射学及其临床应用研究,虽起步较晚,但进展迅速,至 90 年代初已形成较完整的医学影像体系。这是我国放射学近 20 年来进展的主要标志。

根据我国的现状,参照国际医学影像学的发展趋势,至本世纪末我国的医学影像学将如何或应如何发展?兹提些个人看法,与广大同道商榷并请指正。

3.1 影像诊断新技术和介入治疗向广而深发展

影像诊断新技术如MRI和CT将会向广而深发展。由于新的MR软件和脉冲序列的开发,可望进一步提高体部成像的扫描速度和空间分辨率,接近或达到CT水平。MR血管造影的图像质量将会与普通血管造影相匹敌,在不少的解剖部位将逐步取而代之。

CT虽面临MR的挑战,但相当长的时期在影像技术中仍将占主导地位,扫描速度和分辨率的提高,如螺旋型CT及体积扫描技术等将会较快地获得广泛应用。CT血管造影及其三维重建的诊断效用将会进一步提高。

应用超声含Doppler、MR和CT的血流动态定量分析,功能和灌注成像都将会有新的进展。SPECT将会进一步普及。MR波谱分析和PET将进入临床应用。

面对众多影像学技术,开展影像学综合诊断及优选应用研究,将会更有效地提高专业水平,减轻病人身心和经济负担。

介入放射学,各种血管性和非血管性介入治疗技术,如栓塞、血管成形术、药物灌注、溶栓、置管引流、造瘘、扩张等,随新的器械、器具的研究开发,治疗领域和效果将会进一步扩大和提高。

介入技术对不同疾病和病变的治疗与内科、外科治疗应如何优选配合,将是今后研究的重要课题。例如,如何评价介入治疗在主要肿瘤综合治疗(手术、放疗和化疗)中所占的地位,如何合理配合应用,以期从整体上提高癌症的治疗效果和病人的生活质量等。

影像诊断和介入治疗的基础和实验研究以及相关医学生物工程学等,将会进一步发展,并应致力于建设我国的临床和实验影像学体系。新的影像技术学,在专业水平和技术队伍建设上将会进一步提高。

3.2 发展和开发影像技术学和PACS系统

为适应现代医学影像学发展的需要,大力建成并发展我国新影像技术学是当前一项

重要任务。

PACS或DICOM(医学数字化图像传输系统)即“无胶片放射学”体系(filmless radiology)的建立在国外已有相当进展,且为现代影像学的一个重要发展趋向。在国内基本上是空白。根据我国国情,如何考虑其引进、研制和开发问题,也应提到日程上加以研究,预期会有一定或相当的进展。

3.3 发展具有中国特色的医学影像学

作为一个发展中的大国,我国幅员辽阔、人口众多,各地区甚至各单位学术和专业水平发展颇不平衡状态将会有一定改善。根据WHO提出的“2000年人人享有卫生保健”,我国政府已经承诺这一全球性战略目标,在展望至本世纪末医学影像学的发展并为之而努力奋斗的同时,应充分考虑并处理好提高与普及的关系,作好两方面的工作。

为此,仍应该不断提高普通放射学,尤其胸部、胃肠道和骨骼系统的诊断水平,逐步普及CT和超声,向人民群众尤其广大农村居民提供高质量的影像诊断服务。介入放射学在不断向广深发展和提高疗效的基础上,应积极致力于普及,直接造福广大病人。

展望今后的发展和任务,加强教育和培训,不断提高广大医学影像学包括医学生物工程学和技术专业人员的素质,选拔培养承担跨世纪重任的中青年学术骨干是至为重要的基本环节。

参 考 文 献

- 1 Kotzur IM. Radiology, 1994; 39: 329-332
- 2 刘玉清. 自然科学学科总览: 医学分册. 北京: 气象出版社, 1991: 106
- 3 荣独山. 中国医学百科全书: X线诊断学. 上海: 上海科技出版社, 1986: 12
- 4 刘玉清. 影像医学, 1992; 5(1): 5
- 5 刘玉清. 奈科明影像, 1994; 创刊号: 8

(收稿日期: 1995-03-22)