



湖北高职高专“十一五”规划教材

HUBEI GAOZHI GAOZHUAN "SHIYIWU" GUIHUA JIAOCAI

湖北省高等教育学会高职专委会研制

总策划 李友玉  
策划 屠莲芳



# 医学影像

# 物理与防护

YIXUE YINGXIANG WULI YU FANGHU

周晓东 陈琦 主编

湖北长江出版集团  
湖北科学技术出版社

供医学影像专业用



湖北高职高专“十一五”规划教材

HUBEI GAOZHI GAOZHUAN “SHIYIWU” GUIHUA JIAOCAI

湖北省高等教育学会高职专委会研制

总策划 李友玉  
策划 屠莲芳

# 医学影像

## 物理与防护

YIXUE YINGXIANG WULI YU FANGHU

主 编 周晓东 陈 琦

副主编 刘秀平 谢银勋 邱大胜

编 者 (按姓氏笔画为序)

刘秀平 湖北职业技术学院

刘志刚 孝感市中心医院

陈 琦 襄樊职业技术学院

邱大胜 湖北省肿瘤医院

杨义耀 襄樊职业技术学院

林汛靖 襄樊市卫生监督局

周晓东 襄樊职业技术学院

周选民 郟阳医学院附属太和医院

谢银勋 黄石理工学院

湖北长江出版集团  
湖北科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

医学影像物理与防护/周晓东,陈琦主编. —武汉:湖北科学技术出版社,2008.8  
湖北高职高专“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5352-4163-4

I. 医… II. ①周… ②陈 III. ①影像诊断—医用物理—高等学校:技术学校—教材  
②影像诊断—辐射防护—高等学校:技术学校—教材 IV. R445 R14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 118508 号

---

医学影像物理与防护

©周晓东 陈 琦 主编

责任编辑:刘 虹

封面设计:戴 旻

出版发行:湖北科学技术出版社

电话:027-87679468

地 址: 武汉市雄楚大街 268 号  
(湖北出版文化城 B 座 12-13 层)

邮编:430070

网 址:<http://www.hbstp.com.cn>

印 刷:仙桃市新华印务有限公司

邮编:433000

787mm×1092mm 16 开

12.25 印张

291 千字

2008 年 9 月第 1 版

2008 年 9 月第 1 次印刷

定价:24.00 元

---

本书如有印装质量问题 可找本社市场部更换



# 湖北高职高专“十一五”规划教材(医学类)

HUBEI GAOZHIGAOZHUAN “SHIYIWU” GUIHUA JIAOCAI

## 编委会

---

**主任** 赵汉芬 襄樊职业技术学院  
杨立明 湖北职业技术学院

**副主任** (按姓氏笔画排序)

汪平安 荆州职业技术学院  
官德元 荆楚理工学院  
雷良蓉 随州职业技术学院

**委员** (按姓氏笔画排序)

王光亚 武汉铁路职业技术学院  
付建国 襄樊职业技术学院  
白梦清 湖北职业技术学院  
汪平安 荆州职业技术学院  
杨仁和 湖北中医药高等专科学校  
官德元 荆楚理工学院  
赵高峰 荆楚理工学院  
龚家炳 仙桃职业学院  
雷良蓉 随州职业技术学院

## 凝聚集体智慧 研制优质教材

教材是教师教学的脚本,是学生学习的课本,是学校实现人才培养目标的载体。优秀教师研制优质教材,优质教材造就优秀教师,培育优秀学生。教材建设是学校教学最基本的建设,是提高教育教学质量最基础性的工作。

高职教育是中国特色的创举。我国创办高职教育时间不长,高职教材存在严重的“先天不足”,如中专延伸版、专科移植版、本科压缩版等。这在很大程度上制约着高职教育教学质量的提高。因此,根据高职教育培养“高素质技能型专门人才”的目标和教育教学实际需求,研制优质教材,势在必行。

2005年以来,湖北省高等教育学会高职高专教育管理专业委员会(简称“高职专委会”)高瞻远瞩,审时度势,深刻领会国家关于“大力发展职业教育”和“提高高等教育质量”之精神,准确把握高职教育发展之趋势,积极响应全省高职院校发展之共同追求;大倡研究之风,大鼓合作之气;组织全省高职院校开展“教师队伍建设、专业建设、课程建设、教材建设”(简称“四个建设”)的合作研究与交流。旨在推进全省高职院校进一步全面贯彻党的教育方针,创新教育思想,以服务为宗旨,以就业为导向,工学结合、校企合作,走产学研结合发展道路;推进高职院校培育特色专业、打造精品课程、研制优质教材、培养高素质的教师队伍,提升学校整体办学实力与核心竞争力;促进全省高职院校走内涵发展道路,全面提高教育教学质量。

湖北省教育厅将高职专委会“四个建设”系列课题列为“湖北省教育科学‘十一五’规划专项资助重点课题”。全省高职院校纷起响应,几千名骨干教师和一批生产、建设、服务、管理一线的专家,一起参加课题协同攻关。在科学研究过程中,坚持平等合作,相互交流;坚持研训结合,相互促进;坚持课题合作研究与教材合作研制有机结合,用新思想、新理念指导教材研制,塑造教材“新、特、活、实、精”的优良品质;坚持以学生为本,精心酿造学生成长的精神食粮。全省高职院校重学习研究,重合作创新蔚然成风。

这种以学会为平台,以学术研究为基础开展的“四个建设”,符合教育部关于提高教育

教学质量的精神,符合高职院校发展的需求,符合高职教师发展的需求。

在湖北省教育厅和湖北省高等教育学会领导的大力支持下,在湖北省高等教育学会秘书处的指导下,经过两年多艰苦不懈的努力和深入细致的工作,“四个建设”合作研究初见成效。湖北省高职专委会与湖北长江出版集团、武汉大学出版社、复旦大学出版社等知名出版单位携手,正陆续推出课题研究成果:“湖北高职高专‘十一五’规划教材”,这是全省高职集体智慧的结晶。

交流出水平,研究出智慧,合作出成果,锤炼出精品。凝聚集体智慧,共创湖北高职教育品牌——这是全省高职教育工作者的共同心声!

湖北省高教学会高职专委会主任 黄木生  
2008年6月

# 前言

QIANYAN

本书是湖北省高职高专“十一五”规划教材,是湖北省教育科学“十一五”规划专项资助重点课题成果。

为全面贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》精神,湖北省高等教育学会高职高专教育管理专业委员会组织全省高职院校开展了“四个建设”(师资队伍建设、专业建设、课程建设、教材建设)合作研究与交流,同时启动了湖北省高职高专“十一五”规划教材研制工作,本教材就是多所院校合作研制的成果。

《医学影像物理与防护》是医学影像技术专业的核心课程。本着落实“四个建设”精神,服务人才培养和体现时代性、先进性、科学性及实用性的原则,按照医学影像设备及主要防护技术组织全书内容。教材中绪论部分介绍了医学影像学的形成和展望、医学影像检查技术与辐射防护。意在让学生或读者在对医学影像学历史及未来了解的基础上,增强对后续内容学习的兴趣;医学影像物理部分增强了针对性和实用性,并适度增加了医学影像成像原理的内容;医学影像辐射防护部分在以医学影像临床实际操作过程为依据的原则下,增加了超声检查、磁共振检查辐射防护等方面的内容。在表达风格上力求通俗、简洁、直观(如图表),以更好地适应高职教育的特点。

教材共分3篇11章,其中含有实训内容15个。后附有放射法律、法规及标准和教学大纲,以供学习和参考。

湖北省高等教育学会副秘书长、湖北省教育科学研究所高教研究中心主任李友玉研究员,湖北省高等教育学会高职高专教育管理专业委员会教学组组长李家瑞教授,湖北省高等教育学会高职高专教育管理专业委员会秘书长屠莲芳等负责本教材研制队伍的组建、管理,以及本教材研制标准、研制计划的制定与实施。

本教材第一篇及第三篇第七章的第一节、第二节由周晓东编写;第二篇第三章第一节至第八节由陈琦编写;第九节由刘秀平编写;第四章、第五章由杨义耀编写;第六章由刘志刚编写;第三篇第七章的第三节至第七节由林浣靖编写;第八章第一节的一、二、三由谢银勋编写;四由周选民编写;第二节及第九章、第十章、第十一章由邱大胜编写。

本教材是在湖北省高等教育学会、高职高专教育管理专业委员会直接领导、支持下,经全体编者共同努力完成的,同时也借鉴了本专业相关教材的研究成果,在此,对所有给予支持、帮助的领导、专家、同事一并致谢。

由于编者水平所限,对书中难免存在疏漏和错误之处,恳请广大师生批评指正。

湖北高职高专“十一五”规划教材  
《医学影像物理与防护》研制组

2008年6月



# 目 录

## 第一篇 绪 论

<b>第一章 医学影像学的形成和展望</b> .....	3
第一节 医学影像学的概念 .....	3
第二节 医学影像学的形成 .....	3
第三节 医学影像学发展趋势与展望 .....	5
<b>第二章 医学影像检查技术与辐射防护</b> .....	7
第一节 医学影像检查技术分类 .....	7
第二节 医学影像检查中的辐射种类与防护 .....	7

## 第二篇 医学影像物理及成像原理

<b>第三章 X线物理与成像</b> .....	13
第一节 原子结构与电离辐射 .....	13
第二节 X线的产生原理 .....	15
第三节 X线产生的装置 .....	16
第四节 X线的本质和基本特性 .....	17
第五节 X线的质与量及其空间分布 .....	19
第六节 X线与物质的相互作用 .....	21
第七节 X线的衰减 .....	28
第八节 X线在人体中的衰减 .....	33
第九节 X线检查技术及其成像原理 .....	34
<b>第四章 磁共振物理基础与成像</b> .....	48
第一节 物理学基础 .....	49
第二节 成像原理 .....	52
<b>第五章 超声物理基础与成像</b> .....	55
第一节 超声物理基础 .....	55
第二节 超声成像原理 .....	58
<b>第六章 放射性核素物理基础与成像</b> .....	61
第一节 物理学基础 .....	61
第二节 成像原理 .....	66

## 第三篇 医学影像检查中的辐射防护

<b>第七章 辐射防护概述</b> .....	73
第一节 放射线产生的生物效应 .....	73
第二节 外照射防护的基本方法 .....	82
第三节 屏蔽材料及屏蔽厚度的确定 .....	84
第四节 常用的辐射量和单位 .....	86

第五节 X线的测量 .....	89
第六节 放射防护法律、法规、规章和标准 .....	93
第七节 放射防护管理 .....	96
<b>第八章 医用 X 线的防护 .....</b>	<b>101</b>
第一节 医用诊断 X 线的防护 .....	101
第二节 医用治疗 X( $\gamma$ )线的防护 .....	125
<b>第九章 磁共振成像检查中的防护 .....</b>	<b>138</b>
第一节 概述 .....	138
第二节 防护原则 .....	141
第三节 防护要求 .....	142
<b>第十章 放射性核素显像检查中的防护 .....</b>	<b>146</b>
第一节 概述 .....	146
第二节 防护原则 .....	146
第三节 防护要求 .....	148
<b>第十一章 超声检查中的防护 .....</b>	<b>152</b>
第一节 概述 .....	152
第二节 防护原则 .....	155
第三节 防护要求 .....	156
<b>附录一 放射诊疗管理规定 .....</b>	<b>157</b>
<b>附录二 放射工作人员职业健康管理办法 .....</b>	<b>164</b>
<b>附录三 放射工作人员健康标准 .....</b>	<b>169</b>
<b>附录四 医用 X 射线诊断卫生防护标准 .....</b>	<b>173</b>
教学大纲 .....	181
参考文献 .....	182

# 第一篇

## 绪 论

“XULUN



# 第一章

## 医学影像学的形成和展望

### 第一节 医学影像学的概念

医学影像学(medical imaging)是以X线、电磁场、超声波等能量作用于人体后的物理特性为基础,经媒介成像,通过医学影像技术、介入放射等手段,达到诊疗目的的临床学科。其主要内容包括医学影像成像原理、医学影像处理技术和医学影像临床应用技术三大部分。

医学影像成像原理是指医学影像形成过程的物理原理。其主要任务是根据医学需求,将人体内有价值的医学信息,对结构、形态或功能进行一维或多维的图像显示,并对图像的质量进行分析。

医学影像处理技术是指对已经获得的医学影像做再处理。其主要任务是根据医学需求,提高影像的质量(如清晰度)和针对性(如突出所需图像特征信息)。

医学影像临床应用技术是在医学诊疗过程中,依据医学影像信息,选择最优诊疗方案,在临床上以最佳手段进行实施。

### 第二节 医学影像学的形成

1. X线的发现及应用是医学影像学形成的基础。1895年11月8日,德国物理学家伦琴(Wilhelm Conrad Rontgen)在做阴极射线管放电试验时发现了X线,并很快先后被用于医院的外伤诊断及肿瘤的治疗,后来相继形成了放射诊断学(diagnostic radiology)与放射治疗学(trate radiology)(图1-1-1、图1-1-2)。X线的发现及应用,使人类第一次将视野延伸到了活的



图 1-1-1 X线的发现者,德国物理学家伦琴在实验中

人体的内部结构形态及运动状态,并以此为起点,开始了利用多种手段,以可视图像了解人体内部形态、功能生理、病理变化,达到诊疗疾病的探索。

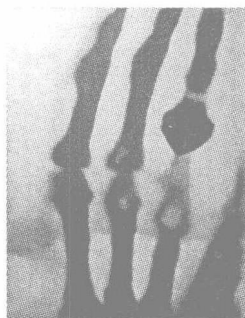


图 1-1-2 据说这是 1895 年 12 月 22 日伦琴为其夫人拍下的世界上第一张手部 X 光片

2. 超声成像、核素显像的应用拓宽了医学影像学的视野。20 世纪 50—60 年代,超声、核素显像技术先后应用于人体内部脏器的检查,这是继 X 线之后人类认识并使用观察人体内部结构、功能变化又一新的手段(图 1-1-3)。

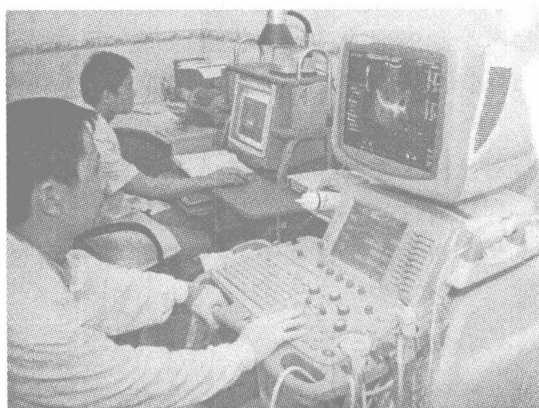


图 1-1-3 彩色超声波检查

与传统 X 线成像相比,超声成像(ultrasonography)与放射性核素显像(radionuclide imaging, RNI)具有独特的优势与互补性。如超声成像除能提供人体解剖结构形态信息外,还能反映心血管运动器官的重要生理功能,并具有无创伤、无痛苦、无电离辐射的影响。而放射性核素显像除能显示人体组织或器官的形态、动态和功能状态图像外,还能反映人体生化过程的图像,对疾病的早期诊断和基础医学研究有着特殊的价值。

3. X 线计算机体层成像等技术的应用开创了医学影像数字化的新篇章。1972 年,X 线计算机体层成像(X-ray computed tomography, X-ray CT 或 CT)技术问世,开创了医学影像数字成像的先河(图 1-1-4)。CT 不同于传统的 X 线成像,它是利用 X 线束对人体层面进行扫描,再将扫描取得的信息,经计算机处理后由模拟信号转变为数字信号,凭借计算机技术对数字信号可进行断层图像重建和处理,形成清晰优异的图像。数字成像使医学影像学在图像的显示、保存、传输与利用等方面都发生了革命性的变化。其图像密度分辨率、病变检出率明显优于传统 X 线图像。其后问世的磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)(图 1-1-5)和发射体层成像(emission computed tomography, ECT)等新的数字成像技术,更加快了医学影像数字化的步伐。

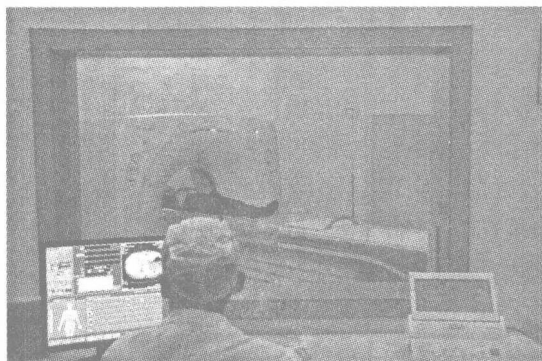


图 1-1-4 螺旋 CT 检查

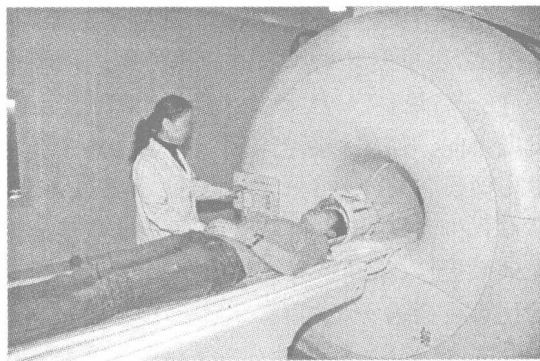


图 1-1-5 磁共振成像检查

4. 介入放射学的兴起,使医学影像学实现了诊疗并重的新跨越。20 世纪 70 年代初期,以 Seldinger 技术为基础而发展起来的介入放射学(interventional radiology),是以影像诊断学为基础,在影像设备的导向下,采用经皮穿刺及导管技术等对某些疾病进行诊疗的新技术。发展至今,可分为 X 线介入(图 1-1-6)、B 超介入、CT 介入和 MRI 介入,介入的治疗范围已扩展到人体各个器官,技术不断成熟,疗效不断提高,已成为同内科、外科并列的三大治疗体系之一,医学影像科室也成为了真正的临床科室,彻底改变了医学影像学在医学中的地位。

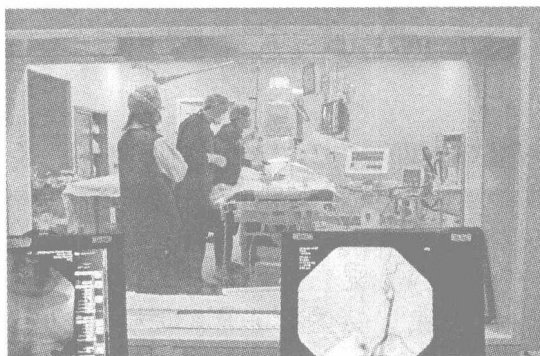


图 1-1-6 X 线介入诊疗

医学影像由于含有极为丰富的人体信息,并能以直观的形式为医学诊疗提供人体内部组织器官结构、形态及功能等,现已成为医学领域运用科技手段最多、发展最快、前途最广的学科之一。

### 第三节 医学影像学发展趋势与展望

回顾医学影像学百余年走过的历程,我们不难发现,其发展始终围绕借助最新科技手段,使人类视野怎样才能更早、更深入、更清晰、低辐射地观察人体内部脏器结构形态及功能代谢变化,从而达到诊疗疾病而进行。人类进入新世纪后,随着计算机等高新技术的日新月异,医学影像学将会在广度和深度上有一个新的大跨越,展现出巨大的应用和发展前景。

#### 一、医学影像技术

在医学影像技术方面,其发展将会展现出以下特点。

1. 高速度、高分辨力。一是指计算机新技术及其他高新技术将会成为医学影像高速发展

的强劲动力;二是指高分辨力,即医学影像设备成像质量将会在现有基础上使其分辨力再进一步提高,更早发现更小病灶的能力将进一步增强。

2. 新设备、新技术。一是指小型化、快速化、多功能化、低辐射的医学影像新设备将成为发展方向。如集诊断与治疗于一身的一体化医学影像设备或包含两种以上功能互补的新型医学影像设备将会受到欢迎。二是新的成像技术将会更加丰富医学影像体系(如激光成像),多层 CT 和 MRI 技术将使脏器官三维立体成像成为现实。三是指新的、毒副作用更小、对比增强效果更佳、诊断特异性更强的新型造影剂将会问世。受此影响,医技人员在医学影像队伍中的比重将会进一步加大。

3. 更深入、更成熟。一是指医学影像技术将由传统的显示人体的大体解剖形态逐渐深入至细胞、分子和基因水平。二是指图像的数字化将得到普及,从而实现无胶片化,借还片工作将渐成历史。同时,医学影像设备将实现网络化,图像的传输更快捷,图像质量更高,远程影像教学将进入普及阶段,超声的三维、四维技术更加成熟。

## 二、医学影像诊断

在医学影像诊断方面,功能与分子影像学将会成为医学影像学的发展方向,传统影像学显示的是分子改变后的最终效应,而分子影像学将把目光向前推进,即疾病发生中分子的异常改变。同时,形态成像、功能成像、代谢成像综合诊断将成为医学影像诊断模式。

## 三、介入放射学

在介入放射学方面,随着基础学科等相关学科及计算机技术的突破性进展,介入放射学在介入设备、诊断性介入放射技术和治疗性介入放射技术方面将会再次展现出巨大的发展潜力。介入治疗将向实时、立体和无射线引导发展,进而与内镜、微创外科相融合。介入放射学将会成为常规的高效诊疗手段,进一步渗透到临床各科。在我国介入放射学、介入超声学、血管介入放射学、神经介入放射学形成“介入医学”已成呼之欲出之势。以介入放射学发展为标志的医学影像学,与内科、外科三足鼎立的格局将更加显著。



## 第二章

# 医学影像检查技术与辐射防护

医学影像检查技术是利用 X 线、电磁场、超声波等能量以及成像媒介,为临床诊疗提供影像信息的应用学科。由于医学影像检查中利用的能量如 X 线、电磁场、超声波等,作用于人体后会产生不同程度的生物效应,因此,在世界各国医学影像受检率普遍增高的情况下,怎样使现场医务工作者和受检者免受或少受辐射危害,便是学习本门课要解决的问题。

### 第一节 医学影像检查技术分类

从 1895 年德国物理学家伦琴发现 X 线并应用于医学的 100 多年来,医学影像检查技术随着科技的发展而有了巨大的飞跃,其种类也随之不断增多,为便于学习和理解,可按以下分类。

1. 普通 X 线检查技术。包括普通检查、特殊检查和造影检查。
2. 数字 X 线检查技术。包括数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)、计算机 X 线摄影(computed radiography; CR)和 X 线数字摄影(direct radiography, DR)。
3. 计算机 X 线体层扫描技术。可分为 CT 平扫、增强扫描(contrast scan)、造影 CT 检查等。
4. 磁共振成像检查技术。检查方式可分为全身 MRI、磁共振血管造影、功能磁共振成像技术、磁共振水成像及介入 MRI 等。
5. 超声(ultrasound, US)检查技术。包括常规超声检查中的二维超声检查、频谱型多普勒超声检查及彩色多普勒血流显像检查。超声检查新技术包括组织多普勒成像、彩色多普勒能量图、腔内超声、声学造影及三维超声、介入超声等。
6. 放射性核素显像检查技术。其主要的检查手段是  $\gamma$  照相、单光子发射型计算机体层成像(SPECT)和正电子发射型计算机体层成像(PET)。
7. 可见光成像。主要指内镜技术,包括光纤内镜、电子内镜、超声内镜、激光内镜等。
8. 红外成像。主要用以人体浅表疾病的探查。可分为主动成像红外摄影术和被动成像红外热像术。

### 第二节 医学影像检查中的辐射种类与防护

医学影像学的发展在造福于人类的同时,其辐射也会给人类造成一定程度的危害,这个早在 1896 年人们就已经认识到的问题,至今乃至今后仍需要我们进一步认识,并进一步提高辐射防护水平。今天,医学影像检查中的辐射种类增多了,医学影像设备的自身防护水平提高了,但 X 线在医学应用的早期,因滥用 X 线而付出的惨痛代价仍是不能忘却的历史。人类社