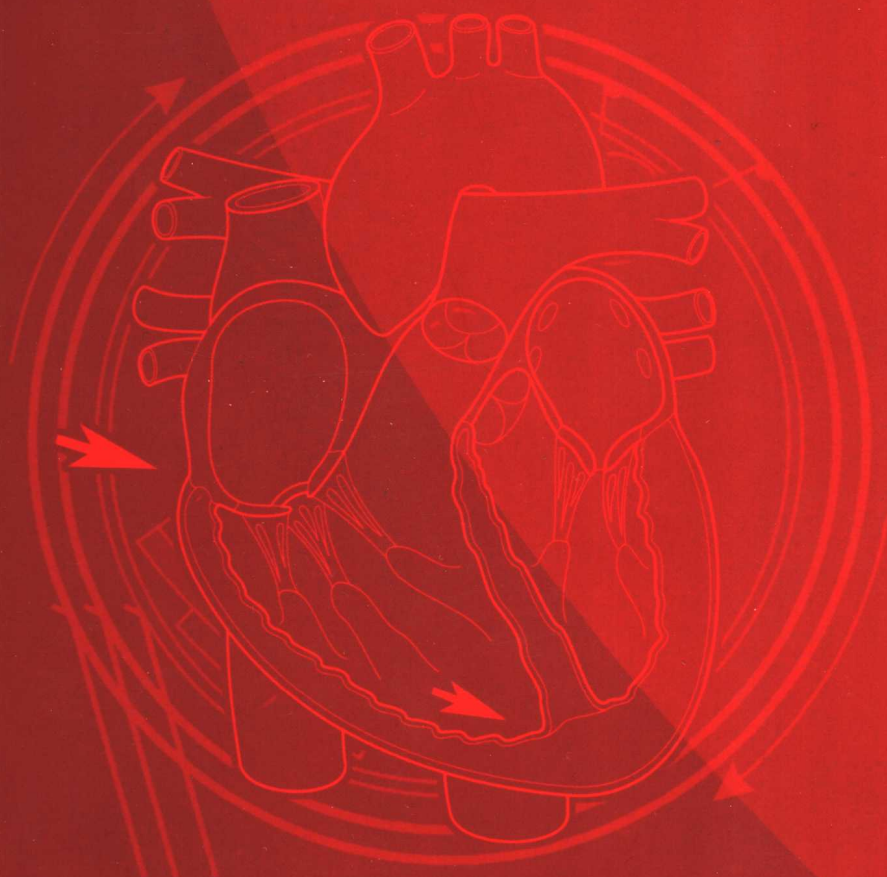


总主编 吴恩惠

CHINESE
MEDICAL IMAGING

中华影像医学

心血管系统卷 · 主编 / 李坤成



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

◆ CHINESE MEDICAL IMAGING
◆ CHINESE MEDICAL IMAGING

中华影像医学

总 主 编	吴恩惠
总主编助理	贺能树
	张云亭
	白人驹
顾 问	刘玉清
	李果珍
	朱大成

人民卫生出版社

◆ CHINESE MEDICAL IMAGING

◆ CHINESE MEDICAL IMAGING

中华影像医学 心血管系统卷

主 编 李坤成

人民卫生出版社

CHINESE MEDICAL IMAGING

图书在版编目 (CIP) 数据

中华影像医学 心血管系统卷/李坤成主编. —北京:
人民卫生出版社, 2007. 3
ISBN 978-7-117-08459-8

I. 中… II. 李… III. ①影像诊断②心脏血管疾
病-影像诊断 IV. R445 R816. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 002791 号

中华影像医学 心血管系统卷

主 编: 李坤成
出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-67616688)
地 址: 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼
邮 编: 100078
网 址: <http://www.pmph.com>
E - mail: pmph@pmph.com
购书热线: 010-67605754 010-65264830
印 刷: 三河市宏达印刷有限公司
经 销: 新华书店
开 本: 889×1194 1/16 印张: 23.25
字 数: 684 千字
版 次: 2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 版第 1 次印刷
标准书号: ISBN 978-7-117-08459-8/R·8460
定 价: 148.00 元
版权所有, 侵权必究, 打击盗版举报电话: 010-87613394
(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)



中华影像医学

分卷书目

总论卷	主编	陈炽贤	高元桂
呼吸系统卷	主编	李铁一	
心血管系统卷	主编	李坤成	
中枢神经系统卷	主编	吴恩惠	戴建平 张云亭
消化系统卷	主编	尚克中	
肝胆胰脾卷	主编	周康荣	
骨肌系统卷	主编	王云钊	
头颈部卷	主编	兰宝森	
乳腺卷	主编	鲍润贤	
介入放射学卷	主编	贺能树	吴恩惠
影像核医学卷	主编	周 前	
超声诊断学卷	主编	王新房	张青萍
泌尿生殖系统卷	主编	李松年	

编委

(以姓氏笔画为序)

MEDICAL IMAGING

CHINESE

- 王 浩 (中国医学科学院中国协和医科大学阜外心血管病医院超声科)
- 王佩芬 (复旦大学医学院附属中山医院放射科)
- 王照谦 (大连医科大学附属第一医院心脏影像中心)
- 朱 铭 (上海交通大学医学院附属新华医院放射科)
- 许乙凯 (南方医科大学南方医院医学影像中心)
- 孙立军 (第四军医大学西京医院放射科)
- 杜祥颖 (首都医科大学宣武医院放射科)
- 李坤成 (首都医科大学宣武医院放射科)
- 李永忠 (首都医科大学宣武医院放射科)
- 吴 健 (上海市胸科医院放射科)
- 何作祥 (中国医学科学院中国协和医科大学阜外心血管病医院核医学科)
- 宋云龙 (中国人民解放军空军总医院 CT 和 MRI 科)
- 张立仁 (中国医学科学院中国协和医科大学北京协和医院放射科)
- 张兆琪 (首都医科大学附属北京安贞医院放射科)
- 杨小平 (首都医科大学宣武医院放射科)
- 杨延辉 (首都医科大学宣武医院放射科)
- 赵 斌 (山东省医学影像研究所)
- 赵绍宏 (中国人民解放军总医院放射科 CT 室)
- 赵世华 (中国医学科学院中国协和医科大学阜外心血管病医院放射科)
- 赵希刚 (首都医科大学宣武医院放射科)
- 郑 宏 (中国医学科学院中国协和医科大学阜外心血管病医院放射科)
- 袁旭春 (深圳市孙逸仙心血管病医院影像科)
- 夏黎明 (华中科技大学同济医学院附属同济医院放射科)
- 梁长虹 (广东省人民医院放射科)
- 韩 萍 (华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科)
- 曾津津 (首都医科大学附属北京儿童医院放射科)

编委

(以姓氏笔画为序)

MEDICAL IMAGING

CHINESE

其他参加编写人员

- 王贵生 (广东省人民医院放射科)
王翠艳 (山东省医学影像研究所)
刘加立 (中国医学科学院中国协和医科大学阜外心血管病医院放射科)
刘明 (中国医学科学院中国协和医科大学阜外心血管病医院放射科)
刘其顺 (广东省人民医院放射科)
杨敏福 (中国医学科学院中国协和医科大学阜外心血管病医院核医学科)
徐海波 (华中科技大学同济医学院附属协和医院放射科)
黄美萍 (广东省人民医院放射科)
彭红娟 (山东省医学影像研究所)



前言

MEDICAL IMAGING

CHINESE

我国影像医学经过几十年的发展，在各个方面均取得了令人瞩目的成就，但就全国范围而言，仍缺乏一本高水平、能立于世界之林的影像医学专著。因此，尽快出版一部总结我国影像医学成果、又反映当今国际影像医学发展最新动态的高级参考书，已成为我国影像医学界的一个重大课题。有鉴于此，人民卫生出版社对此表示了极大的支持，并委托我们组织全国力量编写这部《中华影像医学》。本书以系统为纲，同时采取系统与技术相结合的方式编写。全书共分 13 卷：总论卷、呼吸系统卷、中枢神经系统卷、心血管系统卷、消化系统卷、肝胆胰脾卷、头颈部卷、骨肌系统卷、泌尿生殖系统卷、乳腺卷、介入放射学卷、影像核医学卷及超声诊断学卷。各卷独立成册，陆续出版。

本书编写人员组成的指导思想是老一辈专家把关，中青年专家挑大梁，调动所有积极因素，团结全国力量。因此凡被邀请参加编写本书的人员，在影像医学某些领域内均具有较高学术水平和一定知名度的专家学者。

本书主要反映当代影像学发展的最新水平，对于已经或即将用于临床的各种成像技术、检查方法、新征象、新理论以及新治疗方法，将以我国自己资料为主加以较为详尽的介绍。对于一些已被淘汰或即将废用的技术、方法，只作为历史发展长河中的一个阶段，仅为简略叙述。

在叙述疾病的影像学表现时，注意共性与个性的关系，以便读者能正确把握疾病的影像学一般规律。本书在以常见病、多发病的基础上，对少见、罕见病也作为简明扼要的叙述，希望本书不仅是一本影像医学的规范性读物，使之也具有影像学辞典之作用，以达实用性之目的。

本书为求文字简明、扼要、通顺，叙述层次结构合理，具有逻辑性、连贯性。名词术语应求规范化，做到前后统一，避免口语化，使本书具有可读性。

总之，我们力求使本书内容具有科学性、先进性、权威性和实用性的特点，使之成为一部高层次、高品位和高水平的影像医学大型参考书。

但是，由于作者分散，成书时间较紧，有些地区或单位的作者因故未能参与本书编写，以及我们编者水平有限等等原因，本书还有很多不尽如人意的之处，错误与纰漏在所难免，望读者批评指正。

我们希望本书将随时代与技术的发展，定期或不定期修订再版，使之跻身于世界名著之列。

吴恩惠

2002 年 1 月



前言

(心血管系统卷)

MEDICAL IMAGING

CHINESE

吴恩惠教授主编的《中华影像学》系列丛书，由于种种原因其心血管系统卷一直未能完成。本人受吴老师的委托在 2004 年 8 月开始着手组织国内 17 家著名医院的专家（主要是中青年学者）编写本书，在大家的共同努力下终于完稿。考虑到《中华影像学》的各分卷主编都是我国著名影像学专家，在各自领域都有很深的造诣，和其他分卷比较，我们作为晚辈只要没有差太多就算完成任务了。

首先我要感谢吴恩惠教授的信任，其次感谢各位编者的通力合作，还有我院编写组成员（张世娟、刘杰、赵欣等）的辛勤劳动，尤其我的夫人张世娟在组稿、核对、文字审校等方面花费大量心血，充分体现出她对我的一贯支持和帮助。

本书原计划 2004 年末完稿，2005 年出版。但是由于 MRI 心血管检查技术取得长足进步，2005 年初 64 排螺旋 CT 得到临床应用，这都极大推动了心血管影像学的进展，为了能够把最新技术和进展介绍给读者，延期出版也许是更好的选择。最近，欣闻吴教授光荣当选“全国名师”，吴老师位列 100 位当代名师之中，既是对他在教书育人方面做出杰出贡献的肯定，也是我们影像学专业的骄傲，我们以此书作为礼物敬献给他，祝贺他获得殊荣！

虽然本书有统一的编写计划，但是作者来自全国各地，治学和写作风格不同，文字和选图多少也有差异，所以在统稿时尽可能保留了各自的风格，未强求统一。部分作者不能提供相应的图像，都由首都医科大学宣武医院加以补充。

由于笔者的水平有限，缺点和不足在所难免，请广大同道批评指正。

最后还要感谢首都医科大学和首都医科大学宣武医院领导对我的关心、支持和帮助！

首都医科大学宣武医院

李坤成

于 2006 国庆



目 录

(按章顺序排列)

MEDICAL IMAGING

CHINESE

第1章 心血管系统的影像学检查方法 (1)		
第1节 心脏大血管的普通X线检查	2	检查 12
第2节 心脏大血管的X线造影检查	5	第5节 心脏大血管的超声检查 21
第3节 心脏大血管的CT检查	8	第6节 心脏大血管的核医学检查 34
第4节 心脏大血管的磁共振成像		
第2章 心脏大血管的正常影像表现 (49)		
第1节 X线表现	50	第3节 CT表现 57
第2节 X线心血管造影表现	53	第4节 MRI表现 61
第3章 心脏大血管异常影像表现 (67)		
第1节 心脏增大	68	第3节 血流异常 78
第2节 大血管形态学异常	73	第4节 肺循环异常 81
第4章 冠状动脉粥样硬化性心脏病 (85)		
第1节 概述	86	第3节 心肌缺血、心肌梗死及其并发症 97
第2节 冠状动脉疾病	90	
第5章 心肌病 (121)		
第1节 概述	122	第4节 限制型心肌病 134
第2节 扩张型心肌病	123	第5节 致心律失常性右室心肌病 139
第3节 肥厚型心肌病	128	第6节 特异性心肌病 140
第6章 后天性心脏病 (147)		
第1节 概述	148	第3节 肺源性心脏病 165
第2节 心脏瓣膜病	150	第4节 心肌心包肿瘤 170
第7章 先天性心脏病 (185)		
第1节 概述	186	第6节 肺血管系畸形 236
第2节 大静脉系统畸形	196	第7节 主动脉系畸形 249
第3节 心房畸形	206	第8节 大动脉系畸形 259
第4节 房室瓣畸形	215	第9节 全心畸形 264
第5节 心室畸形	229	第10节 冠状动脉变异和畸形 285
第8章 心包疾病 (295)		
第1节 概述	296	第2节 心包积液 297



第3节 缩窄性心包炎	299	第4节 心包缺损	301
第9章 大血管疾病 (305)		⊕	
第1节 概述	306	第4节 大血管狭窄和闭塞性病变	329
第2节 主动脉瘤	307	第5节 马方综合征的心血管病变	343
第3节 主动脉夹层	322		
第10章 肺动脉栓塞 (351)		⊕	
第1节 概述	352	第3节 非血栓性肺栓塞	357
第2节 肺动脉血栓栓塞	353		

第 1 章

CHINESE MEDICAL IMAGING

心血管系统的影像学 检查方法

主编 李坤成

第1节 心脏大血管的 普通X线检查

一、X线检查的基本原理

X线是由高速运行的电子群撞击到一定物质突然受阻而产生的。产生X线需要X线球管和高压发生器两个基本设备。X线球管为一个高真空的玻璃管，玻璃管内部一端的钨制斜形靶面称为阳极，另一端的钨制灯丝称为阴极。在成像过程中，加热灯丝可使其周围产生大量自由电子，再给球管施加高压，灯丝周围的自由电子便以极快速度向阳极运动，并撞击阳极靶面，其中仅约0.2%的能量产生X线，其余绝大部分能量则转化为热能而散发。

(一) X线的物理特性

X线是一种波长很短的电磁波，其波长范围在 $0.006\sim 500\text{nm}$ ($1\text{nm}=10^{-8}\text{cm}$) 之间，目前X线诊断常用的波长范围为 $0.08\sim 0.31\text{nm}$ ，相当于X线球管在 $40\sim 150\text{kV}$ 时产生的X线。X线以光速直线传播，具有以下特性：

1. 穿透性 X线的穿透性是X线成像的基础。X线的波长很短，能穿透普通光线所不能穿透的物质，在穿通过程中，有一部分射线被所穿透的物质吸收而造成X线的衰减。一方面，X线穿透物质的能力与其波长有关，X线的波长越短其穿透能力越强。X线的波长与X线球管的电压高低成反比，管电压越高，所产生X线的波长越短，其穿透力就越强；相反，管电压低，产生的X线波长较长，其穿透力则较弱。另一方面，X线的穿透力还与被穿透物质的原子序数有关，原子序数越高，越难以被X线穿透；而原子序数较低的物质，则容易被X线所穿透。此外，X线的穿透力还与被穿透物的密度和厚度有关，密度和厚度大者不易被穿透，反之则容易被穿透。

2. 荧光效应 X射线属于不可见光，我们用肉眼无法观察，但是某些荧光物质（例如钨酸钙、铂氰化钡等）在受到X线照射时，能将波长很短的X射线转换成波长较长的荧光，换言之，X射线照射到荧光物质能产生肉眼可见的荧光，被称之为荧光效应。根据X线的荧光效应原理制成的荧光屏曾经在X线透视检查中普遍应用，近年来才

逐渐被影像增强器所替代。

3. 摄影效应 X线可使胶片感光，伦琴就是根据这一特性发现X线的。当X线照射到胶片上时，感光层溴化银的银离子即还原成金属银，经过显影液和定影液处理后，就产生有黑白对比度（灰阶）的图像，此特性是X线摄影的基础。虽然近年来由于计算机摄影（computed radiography, CR）和直接数字化摄影（direct digital radiography, DDR）或简称数字化摄影（digital radiography, DR）等X线检查数字化技术的问世和逐渐普及应用，以胶片为承载图像的普通X线摄影的应用正在逐渐减少，但是受设备更新和价格等因素的影响，普通X线摄影还在临床广泛应用。

4. 电离效应 X线照射能使组成物质的分子分解为正负离子。由于X射线通过空气时，空气的电离程度（即产生正负离子量）与空气所吸收的X射线量成正比，因而通过测量空气电离的程度可计算出X线量，其国际单位为“伦琴”（R）（ $1\text{R}=2.58\times 10^{-4}\text{C/kg}$ ）。

5. 生物效应 X射线穿透机体后，能引起活体组织细胞及体液发生一系列的生物学变化，导致细胞生长受到阻碍甚至被破坏。因此，临床上利用X线可杀伤肿瘤细胞的生物效应，对肿瘤进行放射治疗。但是对X线诊断学而言，其生物学效应能造成人体组织的损伤，其损害程度与遭受X射线辐射的剂量大小和不同组织对X线的敏感程度有关。由于人体的性腺和血液细胞对X射线敏感，最容易遭受伤害，因此在进行诊断性X线检查时，应该尽量采取必要的防护措施，以避免或减少其生物学效应所产生的损伤。

(二) X线成像的基本原理

X射线的穿透性是其成像的主要基础。为了获得X线图像，需具备以下3个必要条件：

1. X线具有足够的穿透力，以穿透被照射的组织结构。

2. 被透射的组织结构必须具有密度和（或）厚度的差异，以形成X线图像的对比度。换言之，X线穿透高密度组织结构或较厚的组织器官时，X线被吸收得较多，到达荧光屏、胶片、CR成像板或DR平板的射线量则较少；而当X射线穿透低密度或较薄组织器官时，被组织器官吸收的X射线量就较少，到达荧光屏、胶片、CR成像板或DR

平板的射线量就较多。正是由于人体组织或器官对X线吸收剂量的不同,因而形成了X线图像的黑白对比度。

3. 穿透人体的X线若照射在胶片上,则必须经过显影和定影处理后,才能显示X线影像;照射到CR成像板上,则需经过专门激光扫描处理后才能生成X线图像;但是应用DR平板接受照射时,不需任何处理在显示器上即能直接生成数字化的X线图像,并进行诊断。

(三) X线临床应用的简要原理

1. 天然对比 由人体各部位组织结构本身具有的密度差别所形成的X线图像的对比度,被称之为天然对比。在人体组织中,骨骼的含钙量高达68%,密度最高,因此所吸收的X射线量最多,在X线图像上呈白色影像,与周围组织结构的反差较大,对比度较高。但人体大部分由软组织和液体构成,其中软组织包括皮肤、肌肉、结缔组织、淋巴组织和内脏等;而液体主要包括血液、淋巴液、脑脊液及各种分泌液(胃液、尿液)等。此外,人体还含有蛋白质、碳水化合物等物质,它们的比重与水相似,彼此的密度差别很小,在X线图像上均呈灰色影像。脂肪组织的密度与比重均较上述软组织小,在X线图像上的密度较其他软组织略低,呈灰黑色影像。气体的密度和比重很低,吸收X射线量最少,与其他组织可形成良好的天然对比,在X线图像上呈黑色影像。上述4大类组织(骨骼、软组织、脂肪和气体)由于密度和比重不同,吸收X线的剂量也不同,因此在X线图像上能彼此形成良好的天然对比度。

2. 人工对比 由于人体组织或器官大多由密度大致相近的软组织和体液组成,缺乏天然的对比度,所以为了增加诊断信息,临床采取向体内引入一定量高密度或低密度物质的方法,以获取人工对比度,该检查方法称之为造影法,被用于进行造影检查的物质称之为对比剂(或造影剂)。对比剂主要有高密度和低密度两类,临床常用的高密度对比剂有钡剂和碘剂,而低密度对比剂有二氧化碳气、空气和氧气。

3. 计算机摄影的基本原理 CR成像应用成像板(image plate, IP)取代传统X线胶片作为X线影像的载体,摄影时成像板把穿过被照射体的X线光子以潜影的形式贮存起来,然后再用激光束扫

描曝光的成像板,使贮存的潜影激发出不同强度的荧光,由光电倍增管将荧光转换为相应强弱的电信号,再由模数转换器将之转换为数字信号输入计算机,上述过程完成了X线图像的数字化的。CR图像可以打印成传统胶片,也可以存贮于硬盘、磁带和光盘之中加以保存。临床应用的CR系统包括:若干个成像板、激光阅读器、图像处理工作站、图像存储系统和打印机等部分。

通常CR摄影能降低X线的辐射剂量,有利于患者和医务人员的防护。CR的成像板可以直接放在暗盒之中代替传统胶片,不必更换原来的X线设备,成本较低。由于CR图像的宽容度较大,后处理功能较强,使X线摄影的废片率几乎降低为零,因此也非常适用于移动X线机拍摄床旁片。成像板可在明室操作,并能反复使用,显著改善了技术员的工作环境。正是由于CR具有上述优点,所以近年来其临床装机量逐年增加,目前已经达到普及应用的水平。

4. 数字化摄影的基本原理 DR是指在具有图像处理功能的计算机控制下,采用一维或二维的X线探测器直接把X线影像信息转化为数字信息的技术。其成像方法主要有数字平板探测器(flat panel detector, FPD)和影像增强器-电荷耦合器两种。数字平板探测器利用半导体(非晶硅或非晶硒阵列)将X线能量直接转换为电信号,并形成数字影像的探测器。影像增强器-电荷耦合器数字化系统由影像增强管将X线转换成可见光,再由电荷耦合器或光电摄像管将可见光转换成视频信号,然后经图像卡进行模/数转换成数字化矩阵图像。

DR与CR比较,其投照的X射线辐射剂量更小,时间分辨率、动态范围和密度分辨率更高,操作更加简便、快速。CR和DR的应用提高了普通X线图像的质量,实现了普通X线图像的数字化的,使图像的后处理功能得到极大增强,并且为实现图像存储与传输系统(picture archiving and communication system, PACS)和远程影像学奠定了坚实的基础。

二、普通心脏X线检查

心脏位于纵隔内,分别与两侧胸腔相邻,X射线透射胸部时,由于心脏与肺组织对X线的吸收

不同,心脏的边缘与含气的肺组织可形成良好的自然对比度,十分有利于进行X线检查。因此,在伦琴发现X射线之后不久,即将之用于心脏检查,以后随着设备的不断改进,逐渐得到广泛的临床应用。

按照检查方法不同,可以将心脏X线检查分为普通检查和心血管造影两大类,前者又可进一步分为透视和摄影两种。近年来,随着许多医学影像学新技术(包括超声心动图、CT、放射性核素显像、MRI等)相继问世,X线心脏检查的临床应用范围大为缩小,检查数量也显著减少;但是,由于普通X线检查设备的普及率高,价格比较低廉,简便易行,能同时观察胸部其他器官和结构,显示肺循环敏感、准确,所以作为心脏的常规影像学检查方法之一,目前临床仍在广泛应用。

普通X线检查不能直接显示心脏的内部结构,需根据分析心脏边缘和轮廓来判断心脏及各房室有无增大及其增大程度,通过观察心脏和大血管的搏动情况(重点分析其搏动幅度和节律)来判断心脏的功能。普通X线检查在显示肺循环情况、特别是肺水肿方面有其独到之处,优于其他影像学技术。此外,普通X线检查能显示心脏大血管的钙化,并据此判断其病理意义。

(一) 心脏的X线透视检查

透视是心脏普通X线检查的重要方法,传统透视X射线穿透胸部,经人体组织吸收衰减后照射到荧光屏上成像;现代设备多应用影像增强器,获取数字化的图像呈现在显示器上。透视检查可转动患者,从不同角度观察心脏大血管的轮廓及其搏动状况,有利于进行病变定位,重点观察病变性状,分析病变与周围结构(如肺、横膈、胸膜及骨等)的关系,必要时还可取最佳位置摄影,以便纠正因体位不正、吸气不足等因素所致的摄影失真,有助于准确显示病变。普通X线透视检查简便易行,价格低廉,在我国曾经广泛应用。

X线心脏透视检查时间以分钟计,接受透视检查者所遭受的射线辐射量较大,透视影像欠清晰,检查结果受操作者的经验影响较大,不利于前后两次检查的对比,为其主要缺点。目前,其心脏影像学首选检查方法的地位已经由超声心动图所取代,心脏透视检查的临床应用正在逐年减少,已经成为

一种特殊的补充检查手段。

(二) 心脏的X线摄影检查

X线摄影检查曝光时间仅为数十毫秒,患者接受的X线辐射剂量比透视小得多,所获图像的空间分辨率高,摄影检查使用标准检查位置,有利于多次摄影图像的先后对比观察,还具有可供多人阅览、利于保存的优点。在发达国家,常规应用摄影进行心脏X线检查,必要时辅以透视,我国也逐渐在向此方向发展。

心脏X线摄影有后前位(即正位)、右前斜位、左前斜位和左侧位4个标准位置,其中后前位为基本位置,根据病情需要可再选择加照斜位或左侧位像,目前,多选择后前位和左侧位组合。为减小放大率所致的失真,投照时要求X线球管距离胶片-暗盒至少2m,所以X线心脏摄影又被称为远达摄影。4个标准位置的投照方法如下:

1. 后前位(图1-1),患者直立,前胸壁贴近胶片-暗盒,X线由后向前水平穿过人体胸部。

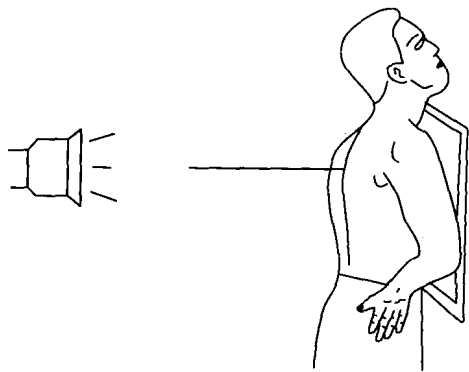


图1-1 后前位示意图

2. 右前斜位(图1-2),患者直立向左旋转45°,右肩贴近胶片-暗盒。

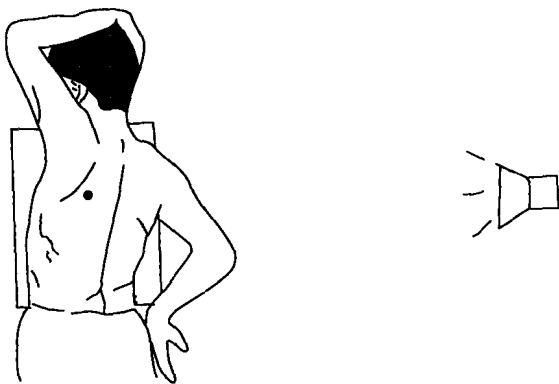


图1-2 右前斜位示意图

3. 左前斜位 (图 1-3), 患者直立向右旋转 60°, 左肩贴近胶片-暗盒。

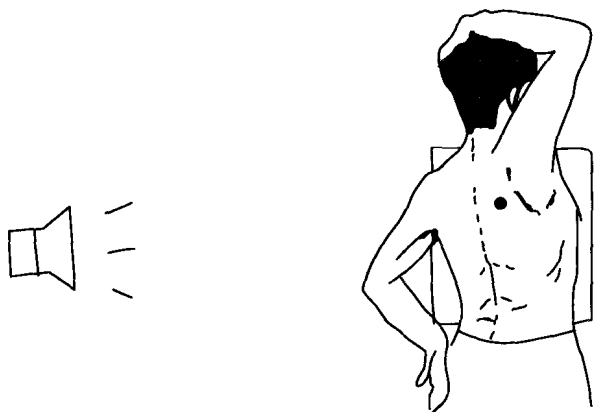


图 1-3 左前斜位示意图

4. 左侧位 (图 1-4), 患者取侧位, 左胸壁贴近胶片-暗盒。

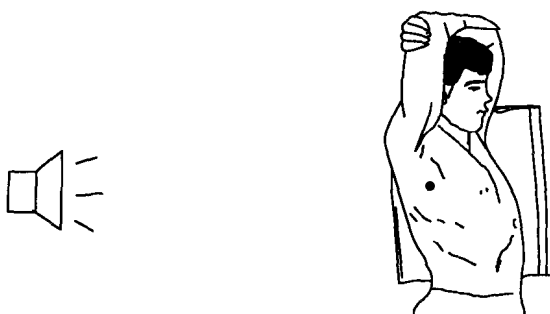


图 1-4 左侧位示意图

(李坤成)

第2节 心脏大血管的 X 线造影检查

X 线心血管造影 (X-ray angiocardiology) 是将对比剂经动脉或静脉引进心腔和 (或) 大血管, 通过 X 线摄影显示心脏大血管的解剖结构, 并判断心脏血液循环功能的影像学检查技术, 通常还包括 X 线冠状动脉造影 (coronary arteriography, CA)。

一、X 线心血管造影检查的基本条件

(一) 进行 X 线心血管造影检查对设备有特殊的要求

首先, 心血管造影机应该装备热容量较大的 X

线球管, 具有可快速调整 (可在 360° 方向上进行调整) X 线球管位置的专门机械臂 (通常为 C 形臂), 最好具有双向摄影 (即一次注射对比剂同时摄取两个体位的图像) 能力, 配有电视录像系统, 便于术中即时调阅造影的录像和 X 线电影记录装置。X 线电影的摄影速率可达 90 幅图像/秒 (通常为 25~50 幅/秒), 电影胶片经显定影处理后, 应用特殊的电影放映机以连续快速或单幅图像放映, 曾经是心血管造影机应用最广泛的记录方式。但是近年来, 新型 X 线心血管造影机已经废弃电视录像和电影记录存储系统, 改用数字式录像系统和数字式大容量磁带机或光盘存储刻录系统, 实现了图像的无胶片存储和传输。同时以数字减影血管造影 (digital subtraction angiography, DSA) 代替传统血管造影方式成为目前的主要趋势, 配备有路径图 (road map) 功能便于进行介入治疗。

其次, 由于进行心血管造影时, 需要经过细长的导管向心脏或大血管内快速注射对比剂 (即“团注”), 而对比剂的黏滞度较高, 所以必须配备专用高压注射器。应用时可以根据造影的要求, 选择注射的压力、流率和流量。高压注射器亦可由心电图触发, 在心动周期的某一时相注入对比剂, 可减少对比剂的用量, 降低因注射对比剂而引发的副反应。

除进行心血管造影检查外, 还可同时进行心导管检查, 因此, 心血管造影机还需要配备心电图和压力监测系统, 以便在操作过程中随时监测患者心电图的变化, 并测定心腔内压力。如果进行心腔内电生理检查, 还需要配备多导生理记录仪。

(二) X 线对比剂

在 X 射线应用于临床的初期, 由于人体软组织之间缺乏对比度, 主要用于自然对比度好的胸部和骨骼系统的检查。1927 年, 葡萄牙医生 Egas Moniz 将碘化钠经静脉注入颈总动脉使之显影, 发明了 X 线动脉血管造影 (arteriography)。至 20 世纪 50 年代, 随着经皮穿刺技术和有机碘化物对比剂的应用, X 线血管造影技术逐渐成熟。现在主要应用含碘的高密度对比剂进行心血管造影检查, 该类对比剂又可分为离子型和非离子型两种。常用离子型单体对比剂为泛影葡胺、泛影酸钠 60 等, 以前者最为常用; 离子型双聚体对比剂主要有低渗泛

影葡胺钠 (hexabrix); 非离子型对比剂主要有优维显 (isovue)、安射力 (optiray)、欧乃派克 (omnipaque) 和碘必乐 (iosimide) 等。通常应用于心血管造影的对比剂浓度较高, 离子型对比剂选择 76% 的泛影葡胺, 非离子型对比剂以优维显为例, 其浓度为 370mgI/ml 或者 350mgI/ml, 最近甚至有 400mgI/ml 问世。

离子型对比剂的价格低廉, 但是患者容易发生毒副反应, 其安全性较差。非离子型对比剂较为安全, 但是价格昂贵。通常 X 线心血管造影检查所用对比剂的剂量为 0.8~1.5ml/kg。

部分患者发生对碘剂的过敏样反应, 表现为在注射对比剂的过程中或注射后出现过敏样表现。轻症患者有颜面及全身皮肤潮红、荨麻疹、恶心呕吐、寒战、呼吸困难等表现, 严重者出现血压降低、休克, 心脏、肾脏功能衰竭, 甚至死亡 (发生率约 1/10 000)。为预防上述毒副反应的发生, 术前应认真了解患者是否有过敏史。既往国内生产的泛影葡胺曾要求进行“碘过敏试验”, 即在正式注射对比剂之前, 先用 1ml 对比剂静脉注射, 观察 20 分钟后, 没有发生上述反应者, 再进行 X 线造影检查。但是该试验并不可靠, 例如: 极个别患者在应用试验剂量时, 即导致休克; 个别患者“碘过敏试验”阴性, 但在 X 线造影过程中却发生严重的毒副反应。因此, 在进行 X 线心血管造影时, 应随时作好抢救准备, 尤其对有高危因素 (例如有过敏史, 肝、肾功能不全) 而又必须进行 X 线心血管造影检查的患者, 最好使用非离子型对比剂, 并在术前或术中肌肉或静脉注射抗组胺药物或地塞米松, 以预防毒副反应的发生。

二、数字减影血管造影技术

DSA 实际包含两个含义, 即图像的数字化和减影。应用影像增强器 (image intensifier, II) 是 DSA 图像数字化的基础。与传统 X 线摄影不同, DSA 检查由影像增强器输入屏把 X 线转换成电子束, 电子在增强屏中被加速, 聚焦轰击在输出荧光屏上, 形成一幅可见光图像, 通过电视摄像机将增强器上的图像拍摄下来, 并加以数字化, 即可在显示器上显示出电视图像。该图像的亮度可达传统荧光屏的 500~1 000 倍。若应用晶体探测器代替输入荧光屏, 还可使转化效率进一步提高。

DSA 的减影过程是将探测到的数字化信息输入计算机, 进行图像的重建。通常以对比剂抵达感兴趣区前摄取无血管的影像作为“蒙片”(Mask), 以对比剂抵达感兴趣区时所摄取含血管的影像作为“被减影片”, 将蒙片与被减影片的数据相减, 即可去除传统 X 线血管造影图像上背景结构的影像数据, 仅保留血管影像的数据, 突出显示血管的影像。然后, 再经数/模转换, 将数字信号还原成为 DSA 图像。通常 DSA 有 3 种减影方式:

1. 时间减影 在注射对比剂前先摄取感兴趣区图像, 并在其中选取 1 张作为蒙片。然后注射对比剂, 在造影片中选择含对比剂浓度最高、最清晰的图像与蒙片进行数字减影处理。此方法称为时间减影, 该方法消除背景骨骼的效果较好。

2. 能量减影 由于对比剂中的碘与周围软组织的能量衰减有差别, 碘在 33keV 水平的衰减系数明显不连续, 此临界值称为 K 缘, 而软组织的衰减系数无此特性。利用这一差别, 使用高于和低于 K 缘两种不同能量的 X 线, 摄取同一感兴趣区的 2 幅影像, 然后彼此进行减影, 可保留含碘的血管影而消除软组织的影像。这种减影方法能有效消除背景中的软组织影, 但是不能消除骨骼的影像。

3. 混合减影 先应用能量减影方法去除软组织影, 保留含碘血管与骨骼影像; 在此基础上, 再进行时间减影消除骨骼影, 仅显示由含碘对比剂充盈的血管。该减影方法称混合减影。

与传统 X 线心血管造影对比, 由于 DSA 消除了背景结构的干扰, 显示血管更为清楚, 而且每次注射对比剂的用量大为减少, 增加了患者进行 X 线血管造影检查的安全性, 因此由 DSA 经静脉注射对比剂造影带来的创伤大为减少, 并有利于图像的保存和传输。最重要的是 DSA 每次注射对比剂的用量显著减少, 使一次检查数十次注射对比剂成为可能, 突破了对比剂毒性的限制, 为进行介入治疗奠定了必要的基础。目前 DSA 已经获得广泛的临床应用。

三、X 线心血管造影检查 方法和实施

(一) X 线心血管造影检查方法

X 线心血管造影按照引入导管的途径和导管