

“十二五”国家重点图书

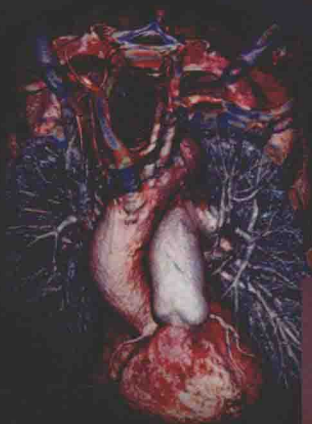


国家出版基金项目

中华临床医学 影像学

CHINA CLINICAL MEDICAL IMAGING

+ 总书主编 郭启勇
+ 分册主编 李树成



心血管分册

CARDIOVASCULAR



北京大学医学出版社



“十二五”国家重点图书

中华临床医学影像学

心血管分册

CHINESE CLINICAL MEDICAL IMAGING
CARDIOVASCULAR

丛书主编 郭启勇

分册主编 李坤成

北京大学医学出版社

ZHONGHUA LINCHUANG YIXUE YINGXIANGXUE
XINXUEGUAN FENCE

图书在版编目(CIP)数据

中华临床医学影像学. 心血管分册 / 李坤成主编. —北京:
北京大学医学出版社, 2016.1

国家出版基金项目 “十二五” 国家重点图书

ISBN 978-7-5659-0817-0

I . ①中… II . ①李… III . ①心脏血管疾病—影像诊断
IV . ①R445②R540.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第056929号

中华临床医学影像学 心血管分册

主 编: 李坤成

出版发行: 北京大学医学出版社

地 址: (100191) 北京市海淀区学院路38号 北京大学医学部院内

电 话: 发行部 010-82802230; 图书邮购 010-82802495

网 址: <http://www.pumppress.com.cn>

E-mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 北京圣彩虹制版印刷技术有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 许 立 责任校对: 金彤文 责任印制: 李 啸

开 本: 889mm×1194mm 1/16 印张: 25 字数: 766千字

版 次: 2016年1月第1版 2016年1月第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5659-0817-0

定 价: 228.00元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

中华临床医学影像学 编审委员会

主任委员 郭启勇

副主任委员 戴建平 冯晓源

委 员 (按姓名汉语拼音排序)

黄 钢 李坤成 刘士远 孟俊非

王振常 周 诚 周纯武 朱 铭

秘 书 廖 伟 卢再鸣

心血管分册编委会

分册主编 李坤成

分册副主编 李 选

编 委 (按姓名汉语拼音排序)

杜祥颖 首都医科大学宣武医院

范占明 首都医科大学附属北京安贞医院

李 选 北京大学第三医院

李坤成 首都医科大学宣武医院

史河水 华中科技大学同济医学院附属协和医院

孙立军 中国人民解放军第四军医大学西京医院

王佩芬 复旦大学医学院附属中山医院

夏黎明 华中科技大学同济医学院附属同济医院

袁旭春 深圳市孙逸仙心血管病医院

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

朱 铭 上海交通大学医学院附属新华医院

分册主编简介



李坤成，医学博士、主任医师、二级教授，首都医科大学医学影像学系主任，宣武医院医学影像部和放射科主任。专长神经影像学 and 心血管影像学，主要在比较影像学、医学影像数字化和质量控制等 3 个方向开展研究工作。已经在《中华放射学杂志》《中国医学影像技术》等国内统计源期刊发表论文 700 余篇，主编专著 15 部，参编专著 41 部，发表 SCI 论文 170 余篇，单篇最高影响因子 15.343 分，累计影响因子 520 分，单篇最高被引用频次 300 余次，总被引频次 3000 余次。获得省部级奖励 12 项。培养硕士研

究生 48 名，博士研究生 30 名，博士后 11 名。现为北美放射学会、欧洲放射学会和国际磁共振学会会员，国家医疗器械评审专家委员会医用放射影像设备评估中心委员，中华医学会放射学分会副主任委员，中华医学会放射学分会北京分会副主任委员，中国医学影像技术研究会常务理事。《中国医学影像技术》杂志主编，《中华放射学杂志》《中国 CT 和 MR 杂志》《临床放射学杂志》《中国临床影像学杂志》和《磁共振成像》杂志副总编，《中国医疗设备》等 4 种杂志的常务编委，《首都医科大学学报》等 20 种杂志的编委。美国《Clinical Imaging》杂志名誉主编（Honorary Editor）。美国宾夕法尼亚州立大学医学中心客座教授（Visiting Professor），享受国务院政府特殊津贴，卫生部突出贡献中青年专家，北京市领军人才。北京市医学影像质量控制和改进中心主任，北京市磁共振成像脑信息学重点实验室主任。第 12 和 13 届北京市人大常委会常委，第 13 届北京市政协常委，北京国际医药促进会监事长。

序 1

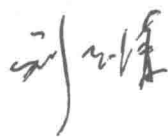
近年来，医学影像学发展迅速，作为现代临床医学体系的重要组成部分，在传统成像技术基础上新技术、新方法的应用不断涌现，使现代医学影像学内涵不断刷新、扩展。迄今，国内医学影像学著作出版颇多，多属有关专著，尚缺少系统性丛书。欣闻“中华临床医学影像学”丛书问世，倍感欣慰。

“中华临床医学影像学”丛书由新闻出版总署立项，国家出版基金资助，并获批国家“十二五”重点图书。保证了本丛书具有高起点和权威性。丛书总主编、各分册主编、副主编及编著者均为我国当前在医学影像学领域第一线工作的有影响力的专家、学者，通过他们的努力，保证了丛书的专业性和时代性。

这套丛书共十二分册，涵盖传统影像学

各系统、各专业领域的内容，同时将全身综合性疾病、分子影像学、医学影像信息学及质量控制等重要内容进行专门编著，对于医学影像学知识体系的阐述更较全面，内容更为充实、完整。另外，丛书的编辑特点可以概括为结合临床、病种齐全、纲领清晰、文图并重、检索方便，做到继承传统和开拓创新的适当结合，具有明显的时代性。

祝愿并相信“中华临床医学影像学”丛书的出版，对我国医学影像学进而临床医学和医学科学的发展将起到积极推进作用，谨此对总主编郭启勇教授、各分册主编、副主编及参与编写的各位专家和同道们的辛勤努力表示衷心敬意和感谢！



中国工程院院士

中国医学科学院阜外心血管病医院放射科 教授 主任医师

序 2

医学影像学诞生已百余年,各种影像学新技术、新方法、新应用日新月异、层出不穷。近年来,影像学已从主要依靠形态学诊断发展为集形态、功能、代谢等信息为一体的综合诊断体系,介入诊疗技术、计算机信息技术、分子影像技术等使影像学的范畴不断发展延伸,医学影像学新知识的更新速度已经到了让人应接不暇的程度,医学影像工作者和相关临床医生对系统、全面、实用的医学影像学工具书的需求已经达到渴望的地步,“中华临床医学影像学”丛书的出版恰逢其时!

“中华临床医学影像学”是由国家出版基金资助,由中华放射学会主任委员、国内影像学知名专家、中华医学会放射学分会专业学组组长组成的专家团队主持撰写的专业影像学丛书。丛书共包括十二分册,内容涵盖神经、头颈、心血管、胸部、乳腺、消化、泌尿生殖、骨关节与软组织、儿科等诸多系统及专业领域,同时涉及全身综合疾病影像学、PET与分子影像学、医学影像信息学与质量控制等诸多新角度、新内容。在继承传统经典影像学内容的基础上,丛书更体现了

影像学的进展和现状,从而保证本丛书的实用性和时代性。

本丛书的特点是传统现代并重,临床影像兼顾,纲领脉络清晰,文字简明扼要,内容充分翔实,典型图像丰富。各分册收录的疾病种类齐全,分类清晰。各疾病相关临床内容全面,包括发病率、病因、临床诊断要点、疾病的演变治疗和随诊等,为读者呈现出立体化的临床诊断思路。影像学表现按检查方法分别阐述,诊断与鉴别诊断要点突出。每节配有大量示范病例图像,以加深理解,方便参考。书后配专业索引,便于根据各种关键词检索到需要的内容。这些特点体现了丛书的系统性、实用性、易读性、方便性。

“中华临床医学影像学”是一套兼顾影像学和临床医学的系统性丛书,以各专业影像学科医生及临床各科室医生为主要读者对象而量身定制的,它同时着眼于目前广大读者在临床工作和拓展学习的实际需求,相信大家会发现这是一部内容丰富、精练易读、高效实用的影像学丛书,相信它将成为大家爱不释手的重要参考书。



丛书主编

中国医科大学 副校长

中国医科大学附属盛京医院 院长

前 言

心血管疾病是现代社会威胁人类健康和生命的主要疾病之一。在心血管疾病的临床处理中,医学影像学占据重要地位,尤其是在疑难疾病的诊断中。近年来,随着医学影像设备和技术的快速发展,心血管疾病影像学也得到了长足的进步,尤其是随着64排螺旋CT的普及应用,冠状动脉硬化性心脏病这一最重要的心血管疾病的无创影像学诊断取得了巨大进步,同时,心血管MR检查的价值也逐步为影像科医生和临床医生所认可。因此,如何将心血管影像学的技术进展和对疾病诊疗的价值简明扼要、条理清晰地呈现给广大影像科医生和心血管科医生,是我们迫切需要解决的问题。

本书作为“中华临床医学影像学”丛书的一个分册,共九章,采用整套丛书所一致应用的条目式结构,力图层次分明、条理清楚地将心血管疾病的流行病学、病理和病理生理、临床表现和治疗、影

像学诊断和鉴别诊断要点介绍给广大读者,从而便于读者记忆和自行查阅。本书内容包括心血管系统的影像学检查方法、冠状动脉粥样硬化性心脏病、心肌病、后得性心脏病、先天性心脏病、心包疾病、大血管疾病、肺动脉栓塞等的影像诊断,同时涵盖了心血管系统介入治疗的重要技术和方法的内容。

邀请了国内十余位心血管系统影像诊断方面的知名专家参与编写本书。书稿是大家集体智慧的结晶,凝结着每一位编者的心血和汗水。本书的编写还得到丛书总编郭启勇教授和北京大学医学出版社的大力支持和协助,在此表示深深的敬意和感谢。但是,由于编者知识和水平所限以及对新的编写体例的适应,更由于医学知识的不断更新,书中难免有错漏和不够全面之处,还请读者能够谅解,同时欢迎各位同道赐教和指正。



目 录

1

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 1

第 2 节 心脏大血管的 X 线造影检查 4

第 3 节 心脏大血管的 CT 检查 7

第 4 节 心脏大血管的磁共振成像检查 ... 11

2

冠状动脉粥样硬化性心脏病..... 21

第 1 节 概述 21

第 2 节 冠状动脉疾病 29

第 3 节 心肌缺血、心肌梗死及其并发症 ... 35

3

心肌病..... 54

第 1 节 概述 54

第 2 节 肥厚型心肌病 56

第 3 节 扩张型心肌病 59

第 4 节 限制型心肌病 64

第 5 节 致心律失常性右室心肌病 67

第 6 节 左室致密化不全 69

4

后得性心脏病..... 73

第 1 节 概述 73

第 2 节 心脏瓣膜病 73

第 3 节 肺源性心脏病 94

第 4 节 心肌心包肿瘤 97

5

先天性心脏病..... 106

第 1 节 概论 106

第 2 节 大静脉系统畸形 118

第 3 节 心房畸形 132

第 4 节 房室瓣畸形 142

第 5 节 心室畸形 152

第 6 节 肺血管系畸形 160

第 7 节 主动脉系畸形 175

第 8 节 大动脉系畸形 191

第9节 全心畸形	210
----------------	-----

第10节 冠状动脉变异和畸形	238
----------------------	-----

6

心包疾病	250
------------	-----

第1节 概述	250
--------------	-----

第2节 心包积液	252
----------------	-----

第3节 缩窄性心包炎	255
------------------	-----

第4节 心包缺损	260
----------------	-----

7

大血管疾病	264
-------------	-----

第1节 概述	264
--------------	-----

第2节 主动脉瘤	268
----------------	-----

第3节 急性主动脉综合征	279
--------------------	-----

第4节 大血管狭窄和闭塞性疾病	288
-----------------------	-----

8

肺动脉栓塞	303
-------------	-----

第1节 概述	303
--------------	-----

第2节 肺动脉血栓栓塞	304
-------------------	-----

第3节 非血栓性肺栓塞	308
-------------------	-----

9

心血管系统介入放射学	310
------------------	-----

第1节 概述	310
--------------	-----

第2节 先天性心脏病的介入治疗	311
-----------------------	-----

第3节 心脏瓣膜病的介入治疗	323
----------------------	-----

第4节 冠状动脉疾病的介入治疗	330
-----------------------	-----

第5节 主动脉病变的介入治疗	338
----------------------	-----

第6节 腔静脉和门静脉高压的介入 治疗	342
------------------------------	-----

第7节 四肢动脉病变的介入治疗	348
-----------------------	-----

第8节 颈动脉病变的介入治疗	356
----------------------	-----

第9节 肾动脉狭窄的介入治疗	362
----------------------	-----

第10节 心血管内异物的处理	365
----------------------	-----

中英文专业词汇索引	369
-----------------	-----

附 录	375
-----------	-----

图目录	376
-----------	-----

表目录	381
-----------	-----

心血管系统的影像学检查方法

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线的物理特性】

● X线的发现及其基本物理性质

- 1895年由德国物理学家伦琴(Roentgen)发现
- 是一种波长极短的电磁波,其波长范围在 $0.0006 \sim 50\text{nm}$ ($1\text{nm} = 10^{-7}\text{cm}$),目前临床应用X线波长为 $0.008 \sim 0.031\text{nm}$
- 以光速进行直线传播
- 首张X线医学影像图片是伦琴夫人手的照片

● X线的特性

- 穿透性
 - 波长极短,能穿透普通光线所不能穿透的物质
 - 在穿透过程中,部分射线被所穿透的物质吸收,产生X线衰减
 - X线穿透物质的能力与其波长成反比,即X线波长越短、其穿透能力越强,而X线的波长与X线管球电压成反比
 - 管球电压越高,产生X线的波长越短,其穿透力越强
 - 管球电压越低,产生X线的波长越长,其穿透力越弱
 - X线的穿透力与被穿透物质的原子序数成反比
 - 原子序数越高,X线越难穿透
 - 原子序数较低的物质,容易被X线穿透
 - X线的穿透力与被穿透物质的密度和厚度有关

- 密度高和厚度大者不易被X线所穿透

- 密度低和厚度小则容易被穿透

○ 荧光效应

- 当X线照射到荧光物质(如钨酸钙、铂氰化钡等)时,后者能将X线转换成波长较长的荧光,肉眼可以观察到,称之为荧光效应
- 根据X线荧光效应原理制成荧光屏
- 荧光屏曾经在X线透视检查中普遍应用,近年来已经逐渐被影像增强器替代

○ 摄影效应

- X线可使胶片感光而获得摄影图像,即为摄影效应,伦琴即根据此特性发现X线
- 摄影效应原理:X线照射胶片使感光层溴化银的银离子还原成金属银,再经显影和定影处理,产生灰阶图像
- 常规胶片摄影已逐渐被计算机X线摄影(computed radiography, CR)和直接数字化X线摄影(direct digital radiography, DDR)或简称数字X线摄影(digital radiography, DR)替代

○ 电离效应

- X线照射能使组成物质的分子解离为正负离子,为电离效应
- X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,测量空气电离程度可以计算X线辐射剂量,其国际单位为“伦琴”(R)

○ 生物效应

- X 线穿透机体，能引起活体组织细胞及体液的生物学变化，导致细胞生长受阻、甚至破坏细胞结构，称之为生物效应
- 有利之处：应用 X 线可以杀伤肿瘤细胞，进行“放射治疗”
- 不利之处：
 - 对 X 线诊断而言，生物学效应造成副损伤，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
 - 人的生殖和造血系统对 X 射线十分敏感，最容易遭受伤害，在进行诊断性 X 线检查时，必须采取防护措施

【X 线成像的基本原理】

X 线成像必须具备以下 3 个条件

- X 线具有足够穿透力，以穿透被照射组织结构
- 被透射组织结构具有密度或（和）厚度差异，以形成 X 线图像的对比度
 - X 线穿透高密度或较厚组织结构时，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
 - 穿透低密度或较薄组织结构时，被吸收的 X 线量较少，到达荧光屏、胶片、CR 成像板或 DR 平板的射线量就较多
- 具有接受和形成 X 线图像的介质，包括传统胶片、CR 成像板和 DR 的平板等

【X 线成像的对比度】

- 天然对比度
 - 由人体组织结构本身密度差形成 X 线图像对比度，称之为天然对比度
 - 具有良好天然对比的四大类组织
 - 骨骼：含钙量高达 68%，其密度最高，吸收的 X 线最多，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
 - 软组织和液体：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：密度与比重均较软组织和水分小，在 X 线图像上呈灰黑色影像
 - 气体：密度和比重很低，吸收 X 线最少，在 X 线图像上呈黑色影像
- 人工对比
 - 天然对比不足以显示结构或病变时，为增

加诊断信息，向体内引入高或低密度物质以获取人工对比度的检查，称之为造影

- 用于造影检查的物质称之为对比剂（或造影剂）
- 对比剂分高密度和低密度两类，常用高密度对比剂是钡剂和碘剂，而低密度对比剂主要有二氧化碳气、空气和氧气

【计算机摄影的基本原理】

● 基本原理

- 应用成像板（image plate, IP）取代传统胶片作为 X 线图像的载体
- 成像板把穿透机体的 X 线光子以潜影方式贮存起来
- 用激光束扫描被曝光的成像板，使贮存的潜影激发出不同强度的荧光
- 用光电倍增管将荧光转换为电信号，再由模 / 数转换器转换为数字信号
- 数字信号经计算机处理，数 / 模转换为模拟图像
- CR 图像可以打印传统胶片，也可存贮于硬盘、磁带和光盘

● 临床 CR 系统构成

- 成像板：若干个
- 激光阅读器
- 图像处理工作站
- 图像存储系统
- 打印机

● CR 的优势

- CR 成像板可直接替代传统胶片，不必更换原有 X 线设备，成本较低
- CR 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，适用于应用移动 X 线机拍摄床旁片
- 成像板在明室操作，反复使用，显著改善了技师的工作环境

【数字化摄影的基本原理】

- 数字化摄影（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 X 线探测器直接把 X 线影像信息转化为数字信息的技术
- 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

- 影像增强器 - 电荷耦合器：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 的优势

- 与 CR 比较，DR 的 X 线辐射剂量更小，时间分辨力、动态范围和密度分辨力均更高，操作更加简便、快速
- DR 和 CR 共同使 X 线图像实现了数字化，图像质量显著提高，为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基础
- DR 将逐渐取代传统 X 线摄影和 CR，成为普通 X 线心脏检查的主要方法

到之处，优于其他影像学方法

【心脏的 X 线透视检查】

● 优点

- 可以转动患者，从不同角度观察心脏大血管轮廓及其搏动，有利于病变的定位，并分析病变与周围结构（如：肺、横膈、胸膜及骨等）的关系
- 必要时可取显示病变最佳的位置摄影，以纠正因体位不正、吸气不足等因素所致的摄影失真
- 简便易行，价格低廉

● 缺点

- 检查时间长
- X 线辐射剂量大
- 图像欠清晰
- 检查结果受操作者经验的影响较大
- 不能保存图像，不利于前后两次检查的对比
- 其首选检查方法的地位已被超声心动图取代，目前仅为补充检查手段

【心脏的 X 线摄影检查】

● 优点

- 曝光时间仅为数十毫秒，患者接受的 X 线剂量比透视小得多
- 所获图像空间分辨力高
- 应用标准检查体位，有利于图像保存和随访

● 心脏 X 线摄影体位

- 后前位 (图 1-1-1)：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
- 右前斜位 (图 1-1-2)：患者直立向左旋转 45°，右肩贴近胶片 - 暗盒
- 左前斜位 (图 1-1-3)：患者直立向右旋转

二、心脏的普通 X 线检查

【概述】

- 心脏位于纵隔之内，与两侧胸腔相邻，与肺的 X 线吸收差较大，天然对比度很高，X 线心脏检查在临床广泛应用
- 心脏普通 X 线检查分类
 - 透视
 - 摄影
- 心脏普通 X 线检查的特点
 - 不能直接显示心脏内部结构，而是根据心脏边缘和轮廓分析来判断心脏及各房室的增大
 - 通过观察心脏和大血管搏动幅度和节律来判断心功能
 - 在显示肺循环（特别是肺水肿）方面有独

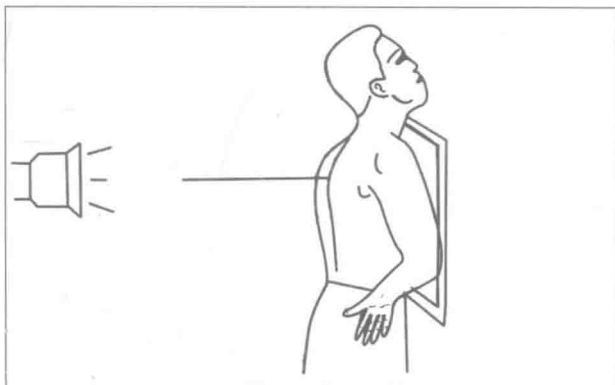


图 1-1-1 后前位示意图

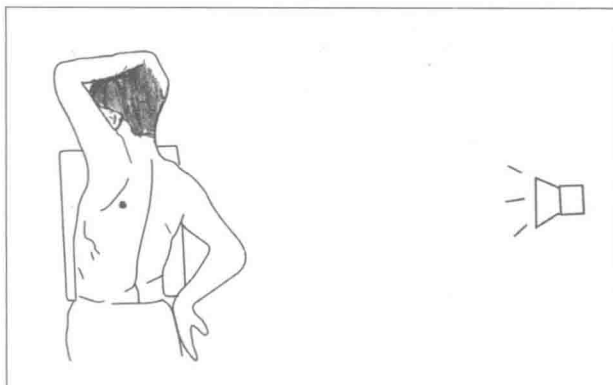


图 1-1-2 右前斜位示意图

60°，左肩贴近胶片 - 暗盒

- 左侧位 (图 1-1-4)：患者取侧位，左胸壁贴近胶片 - 暗盒
- 后前位为基本位置，根据病情需要可再选

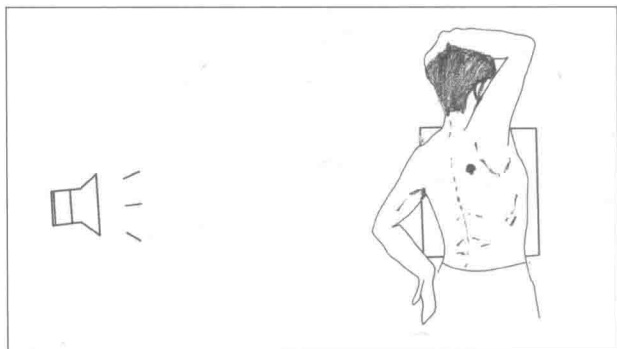


图 1-1-3 左前斜位示意图

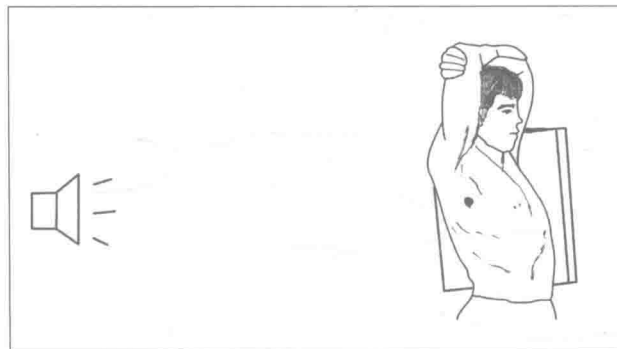


图 1-1-4 左侧位示意图

(李坤成)

第 2 节 心脏大血管的 X 线造影检查

【概念】

- X 线心血管造影 (X-ray angiocardiography) 是将对比剂经动脉或静脉引进心腔或 (和) 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
- X 线冠状动脉造影 (coronary arteriography, CA) 是 X 线心血管造影的一种特殊类型，只针对冠状动脉

【X 线心血管造影检查设备】

- 要求
 - 装备热容量较大的 X 线管球
 - 具有可快速调整 (可在 360° 方向上进行调整) X 线管球位置的专门机械臂 (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图像) 的能力
 - 配有电视录像系统，可在术中即时调阅前期造影录像和 X 线电影记录
 - 进行 X 线电影摄影的速率较高，最好能达到 90 F/s (通常为 25 F/s ~ 50 F/s)
- 影像记录模式
 - 电影胶片，曾经是心血管造影机应用最为广泛的记录方式

择加照斜位或左侧位像，目前，多选择后前位和左侧位组合

- 为减小放大率所致失真，投照时要求 X 线管球距离胶片 - 暗盒至少 2m

- 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
- 数字减影血管造影 (digital subtraction angiography, DSA) 代替传统血管造影方式，配备有路径图 (road map) 功能，便于进行介入治疗
- 对比剂注射设备
 - 专用高压注射器：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
 - 根据造影的要求选择注射的压力、流率和流量
 - 高压注射器由心电图触发：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不良反应
- 其他设备
 - 心导管检查：需配备心电图和压力监测系统，以便随时监测患者心电图的变化，并测定心腔内压力
 - 心腔内电生理检查：需配备多导生理记录仪

【X 线对比剂】

● 概述

- 1927 年，葡萄牙医生莫尼滋 (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
- 含碘高密度对比剂分类
 - 离子型对比剂
 - 单体对比剂：泛影葡胺、泛影酸钠等，以前者为常用
 - 双聚体对比剂：低渗泛影葡胺钠（hexabrix）
 - 非离子型对比剂：碘普罗胺注射液（优维显）、碘佛醇注射液（optiray）、碘海醇注射液（omnipaque）和碘西胺（iosimide）等
- 对比剂浓度：用于心血管造影通常浓度较高，离子型对比剂选择76%的泛影葡胺，非离子型对比剂碘的浓度常为370mg/ml或者350mg/ml，甚至400mg/ml
- 对比剂用量：通常X线心血管造影所用对比剂的剂量为（0.8~1.5）ml/kg
- 对比剂的安全性
 - 离子型对比剂的价格低廉，但是患者容易发生毒副作用，其安全性较差；非离子型对比剂较为安全，但是价格较为昂贵
 - 对比剂反应：可发生于注射过程中或注射后
 - 轻症：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
 - 重症：血压降低，休克，心、肾衰竭，甚至死亡（发生率约1/10000）
 - 对比剂反应的预防
 - 术前认真了解患者是否有过敏史
 - 碘过敏试验
 - 正式注射对比剂之前，先应用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
 - 该项试验并不可靠，极个别患者应用试验剂量就发生休克，也有患者“碘过敏试验”阴性，但在X线造影过程中却发生严重毒副作用
 - 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
- 术前肌内或静脉注射抗组胺药物或地塞米松，以预防毒副作用的发生

【数字减影血管造影技术】

- 数字减影血管造影（digital subtraction angiography, DSA）包含两个含义
 - 图像的数字化
 - 间接数字化：应用影像增强器（image intensifier）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，在显示器上显示出电视图像
 - 直接数字化：应用数字平板探测器
 - 减影
 - 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，突出显示血管影像
 - 再经数/模转换，将数字信号还原成为模拟图像
- 减影方式
 - 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
 - 注射对比剂，在造影片中选含对比剂浓度最高、最清晰的图像与蒙片进行数字减影处理
 - 该方法消除背景骨骼的效果较好
 - 能量减影
 - 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
 - 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，彼此进行减影，可保留含碘的血管影而消除软组织的影像

- 该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
- 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
 - 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
- 数字减影血管造影的优点
 - 消除了背景结构的干扰，显示血管更为清楚
 - 每次注射对比剂的用量大为减少，增加了X线血管造影检查的安全性，为介入治疗奠定了基础
 - 有利于图像的保存和传输
- CT和MRI血管成像技术不断成熟，从诊断角度已经可以替代X线血管造影，目前DSA主要用于进行血管内介入治疗

【X线心血管造影检查方法】

- 大静脉 - 右心造影
 - 概述：通常采用穿刺股静脉（或肘静脉）插入导管的方法，导管先端分别放置于上下腔静脉、右心房、右心室或者肺动脉之内，注射对比剂，分别获取腔静脉、右心房、右心室和肺动脉的图像
 - 适应证
 - 显示右心系统和肺循环的病变（尤其先天性心脏病畸形）
 - 评价三尖瓣和肺动脉瓣功能，以及肺循环功能
 - 显示左心系统的形态和功能状况（须应用DSA技术）
 - 操作步骤（以股静脉穿刺为例）
 - 备皮：范围从脐下至膝上（包括双侧腹股沟、阴部）区域
 - 消毒铺单
 - 选择穿刺点：在耻骨联合 - 髂前上棘连线中点、腹股沟韧带下1~2cm，股动脉搏动最强点内侧0.5~1.0cm处穿刺
 - 局部麻醉：应用0.5%~2.0%普鲁卡因在穿刺点进行皮肤及血管两侧的浸润麻醉
 - 穿刺：采用18~20#静脉穿刺针（带针芯或者连接充满含有肝素生理盐水的针筒），与皮肤呈45°角进针，穿刺针进入
- 静脉时，术者会感到“阻力突然消失”，此时拔出针芯或回抽注射器，可见颜色较深的静脉血涌出
- 设置导管鞘：将导丝经穿刺针送入血管约20cm，保留导丝，退出穿刺针，沿导丝送入导管外鞘和扩张管
- 导管引入：经导管外鞘送入导管，插管到目标部位
- 注射对比剂及造影
- 压迫止血：检查结束后，将导管连同导管外鞘撤出，局部指压止血约10分钟，包扎伤口，穿刺点局部沙包压迫6小时
- 大动脉 - 左心造影
 - 概述：通常采用穿刺股动脉（或肘动脉）插入导管，导管先端放置在主动脉、左心室或左心房，分别获取主动脉和左心房室的图像，以显示左心房室和主动脉的各种病变，并用于左心功能测定
 - 操作步骤
 - 备皮、消毒和局部麻醉
 - 穿刺点选择：在耻骨联合 - 髂前上棘连线中点、腹股沟韧带下1~2cm，股动脉搏动最强处
 - 穿刺：应用带针芯的动脉穿刺针，与皮肤表面呈30°~45°角进针，当穿刺针刺入股动脉时，术者感觉有“落空感”，拔出针芯可见鲜红的动脉血喷出
 - 设置导管鞘：经穿刺针将导丝送入股动脉内约20cm，退出穿刺针，沿导丝送入有侧孔和防止血液回流活门的扩张管和导管外鞘，再保留导管外鞘
 - 导管引入
 - 对比剂注射和造影
 - 压迫止血：也可用封闭器
- X线冠状动脉造影
 - 适应证：冠状动脉病变的诊断和介入治疗
 - 操作步骤
 - 在穿刺插管方面与大动脉 - 左心室造影相同
 - 需要将导管分别插入左、右冠状动脉的开口
 - 造影的特殊性
 - 冠状动脉走行迂曲，为了准确、全面显示冠状动脉及其病变，要求进行多体位