

X线体层摄影技术

郝子健 康秀山 编
徐欣 张慕骞

人 民 卫 生 出 版 社

0.526

X 线体层摄影技术

郝子健 康秀山 编
徐 欣 张慕骞

人 民 卫 生 出 版 社

序

为了满足广大从事放射线技术工作同志们对体层技术知识的需要，我们编写了这本“X线体层摄影技术”供同志们在工作中参考。本书是以作者的工作经验，并参考一些国内外文献，力求结合实际工作需要编写而成。全书共分三篇：第一篇为体层摄影基础概述，第二篇为纵断体层摄影技术，第三篇为横断体层摄影技术及电子计算机体层摄影技术。书中插图系由中国医学科学院阜外医院医学摄影室杨立森同志、绘图室史南奎等同志及解放军总医院绘图室田文珊同志协助完成。本书承蒙解放军总医院放射科高育璈主任、阜外医院放射科刘玉清主任及首都医院放射科解毓章主任在百忙中给予审校。原稿由总参通信兵部门诊部放射科王永强医生协助誊写在此一并表示衷心感谢。

由于我们经验与专业学识浅薄，错误难免，希望同志们指正。

作 者

一九七九年十月

目 录

第一篇 体层摄影技术基础概述 ····· 1	
第一章 概述····· 1	
第二章 纵断体层摄影一般介绍····· 1	
(一) 体层摄影原理····· 1	
(二) 体层的模糊度····· 3	
(三) 体层的厚度····· 6	
(四) 体层的清晰度····· 8	
(五) 体层的干扰影····· 8	
第三章 横断体层摄影一般介绍····· 8	
一、横断体层摄影原理····· 8	
(一) 体层成像····· 9	
(二) 非欲照体层不成像····· 10	
二、横断体层几何学的探讨····· 14	
(一) 体层组织影像的放大率····· 14	
(二) 横断体层各点影像关系与模糊度····· 14	
(三) 非欲照体层组织的影像与晕影····· 17	
(四) X线管焦点侧移对成像的影响····· 18	
三、横断体层摄影的模糊度规定····· 19	
(一) 几何学模糊····· 19	
(二) 不正确安装引起的模糊····· 20	
(三) 同步缺欠引起的模糊····· 20	
(四) 增感屏与X线胶片的模糊····· 21	
(五) 横断体层的厚度····· 21	
四、与其他体层摄影的比较····· 22	
五、横断体层机的类型····· 23	
(一) 立式横断体层机····· 23	
(二) 卧式横断体层机····· 23	
第二篇 纵断体层摄影技术 ····· 25	
第四章 有关纵断体层摄影的几个实际问题····· 25	
(一) X线管运动方向····· 25	
(二) X线管运动速度····· 25	
(三) X线管运动角度····· 25	
(四) 体层间隔····· 26	
(五) 投照条件····· 26	
(六) 优良体层片的获得····· 27	
(七) 关于防护问题····· 27	
(八) 体层深度定位法····· 27	
(九) 不同体层机对照射量的关系····· 28	
第五章 体层机的校准方法····· 29	
(一) 中心射线的校准····· 29	
(二) X线管运动角度的校准····· 29	
(三) 照射时间的测量····· 30	
(四) 体层厚度的测量····· 31	
(五) 体层面误差的校准····· 32	
(六) 焦点、中心轴、胶片呈直线的校验····· 32	
(七) 限时器、滤线器、X线管运动时间的校验····· 33	
(八) 清晰度的测定····· 33	
第六章 纵断体层机的类型与选择····· 34	
一、纵断体层机的类型····· 34	
(一) 直线轨迹体层机····· 35	
(二) 圆轨迹体层机····· 35	
(三) 多轨迹体层机····· 37	
二、纵断体层机的选择····· 38	
第七章 直线体层机的改装····· 39	
(一) 改装所需条件····· 39	
(二) 改装方法····· 39	
(三) 控制线路····· 40	
(四) 改装后校准····· 41	
第八章 头颅部体层摄影术····· 41	
一、蝶鞍体层摄影····· 41	
(一) 蝶鞍正位体层····· 41	
(二) 蝶鞍侧位体层····· 42	
二、副鼻窦体层摄影····· 43	
(一) 副鼻窦正位体层····· 44	
(二) 副鼻窦侧位体层····· 44	

(三) 副鼻窦瓦氏位体层·····	45
三、翼状突体层摄影·····	45
(一) 翼状突正位体层·····	45
(二) 翼状突侧位体层·····	45
四、眼眶体层摄影·····	46
(一) 眼眶正位体层·····	46
(二) 眼眶侧位体层·····	46
(三) 眼眶斜位体层·····	46
五、乳突体层摄影·····	47
(一) 乳突正位体层·····	47
(二) 乳突侧位体层·····	47
(三) 乳突史氏位体层·····	48
(四) 乳突美氏位体层·····	48
六、颞颌关节及髁状突体层摄影·····	49
(一) 颞颌关节正位体层·····	49
(二) 颞颌关节侧位体层·····	49
七、颅底位体层摄影·····	50
颌顶位·····	50
八、视神经孔体层摄影·····	50
视神经孔斜位体层·····	50
九、茎突体层摄影·····	51
(一) 茎突正位体层·····	51
(二) 茎突侧位体层·····	51
十、颅底压迹体层摄影·····	51
(一) 颅底压迹正位体层·····	51
(二) 颅底压迹侧位体层·····	52
十一、颈静脉孔体层摄影·····	52
十二、舌下神经孔体层摄影·····	53
十三、眼眶内充气造影体层摄影·····	53
(一) 眼眶内充气造影 53° 位体层·····	53
(二) 眼眶内充气造影侧位体层·····	54
第九章 鼻咽部及喉部体层摄影术·····	54
一、鼻咽部体层摄影·····	54
鼻咽部侧位体层·····	54
二、喉部体层摄影·····	55
(一) 喉部正位体层摄影·····	55
(二) 喉部侧位体层摄影·····	55
三、软腭体层摄影·····	55
软腭侧位体层·····	55
第十章 肺部体层摄影术·····	56
一、肺部体层摄影·····	56
(一) 正位·····	56

(二) 侧位·····	57
(三) 斜位·····	58
(四) 体轴成角摄影·····	60
二、气管、支气管及肺门部体层摄影·····	60
(一) 正位·····	60
(二) 侧位·····	61
(三) 斜位·····	61
(四) 体轴成 T 形·····	62

第十一章 心脏、大血管体层摄影术·····

影术·····63

一、胸主动脉体层摄影·····	63
(一) 左前斜位·····	63
(二) 右后斜位·····	64
(三) 左侧位·····	64
二、心房、心室及肺血管体层摄影·····	65
(一) 正位·····	65
(二) 右前斜位·····	65
(三) 左前斜位·····	66
(四) 左侧位·····	66
三、心脏各瓣膜体层摄影·····	66

第十二章 胸骨和胸锁关节体层摄影术·····

摄影术·····67

(一) 体轴成角摄影·····	67
1. 单轨迹直线型体层机·····	67
2. 多轨迹体层机·····	67
(二) X 线管倾斜法·····	68

第十三章 脊椎体层摄影术·····

一、颈椎体层摄影·····	69
(一) 颈椎正位体层·····	69
(二) 颈椎侧位体层·····	69
二、下颈段及上胸段体层摄影·····	69
下颈段及上胸段侧位体层·····	69
三、胸椎体层摄影·····	70
(一) 胸椎正位体层·····	70
(二) 胸椎侧位体层·····	70
四、腰椎体层摄影·····	71
(一) 腰椎正位体层·····	71
(二) 腰椎侧位体层·····	72
(三) 腰椎斜位体层·····	72
五、骶骨与骶髂关节体层摄影·····	73
(一) 骶骨正位体层·····	73

(二) 髋关节正位体层·····	73
(三) 髋关节和髌骨侧位体层·····	73
第十四章 四肢体层摄影术·····	73
一、髌关节及股骨颈体层摄影·····	73
(一) 髌关节正位体层·····	73
(二) 股骨颈侧位体层·····	73
二、距下关节体层摄影·····	75
(一) 距下关节正位体层·····	75
(二) 距下关节侧位体层·····	75
三、胫骨体层摄影·····	75
(一) 胫骨正位体层·····	75
(二) 胫骨侧位体层·····	76
第十五章 腹部体层摄影术·····	76
一、胆囊及胆道体层摄影·····	76
胆囊及胆道正位体层·····	76
二、肾脏及肾上腺体层摄影·····	76
(一) 肾脏正位体层·····	76
(二) 腹膜后充气造影正位体层·····	77
三、胃壁造影体层摄影·····	78
胃壁造影正位体层·····	78
第十六章 特殊体层摄影技术·····	79
一、多层体层摄影·····	79
(一) 多层体层摄影原理·····	79
(二) 多层暗盒·····	79
(三) 多层暗盒用增感屏·····	79
(四) 多层暗盒的使用方法	
和注意事项·····	79
(五) 多层体层摄影的优缺点·····	80
二、放大体层摄影·····	80
三、高千伏与低千伏体层摄影·····	81
(一) 高千伏体层摄影·····	81
(二) 低千伏体层摄影·····	81
四、荧光缩影体层摄影·····	82
五、间歇体层摄影·····	82
六、自体层摄影·····	82
七、静电体层摄影·····	82
八、牙科用曲面体层摄影·····	83
(一) 曲面体层的优点和缺点·····	83
(二) 基本原理和方法·····	84
(三) 曲面体层摄影在临床应用	
与摄影技术·····	85
第三篇 横断体层摄影技术·····	90

第十七章 横断体层摄影的校	
正及实际应用·····	90
一、光学定位器·····	90
(一) 光学定位器固定在胶片	
回转台侧方·····	90
(二) 光学定位器固定在X线管	
横臂上·····	90
二、安装与调节·····	91
三、X线管焦点校准·····	91
(一) 试验杆校准法·····	91
(二) 钢球板校准法·····	92
(三) 钢线校准法·····	93
四、使用前的调整·····	95
(一) 焦点侧方调整 (FF' 轴)·····	95
(二) 焦点垂直调整 (FK 轴)·····	95
(三) 焦点纵向调整 (K''M'' 轴)·····	95
(四) X线投射角 (θ)·····	95
五、横断体层面的水平·····	96
六、隔线板的结构及其应用·····	96
七、对比度的改进·····	96
八、其他辅助设备·····	97
(一) 体层指示器·····	97
(二) Varay 灯·····	97
(三) 可变滤过板·····	97
(四) 横断多体层暗盒·····	97
第十八章 摄影技术与使用方法·····	97
一、机械的准备与试验调节·····	97
二、体层的标记·····	98
三、患者的准备与位置的摆布·····	98
四、X线胶片与增感屏·····	99
五、清晰度、对比度、分辨率·····	99
(一) 清晰度·····	100
(二) 对比度·····	100
(三) 分辨率·····	100
六、照射技术·····	100
第十九章 胸部横断体层摄影的	
干扰阴影·····	101
(一) 核样阴影·····	101
(二) 带样阴影·····	101
(三) 晕影·····	102
第二十章 各种部位的摄影方法·····	103
一、胸部(呼吸系统)摄影·····	103

(一) 体层选择·····	103
(二) 技术选择·····	103
(三) 摄影步骤·····	103
(四) 投照条件·····	104
(五) 适用范围·····	104
二、胸部(循环系统)摄影·····	104
(一) 体层选择·····	104
(二) 技术选择·····	104
(三) 摄影步骤·····	104
(四) 投照条件·····	104
(五) 适用范围·····	104
三、消化系统摄影·····	105
(一) 体层选择·····	105
(二) 技术选择·····	105
(三) 摄影步骤·····	105
(四) 投照条件·····	105
(五) 适用范围·····	106
四、中枢神经系统摄影·····	106
(一) 体层选择·····	106
(二) 摄影步骤·····	106
(三) 投照条件·····	106
(四) 适用范围·····	106
五、骨关节系统摄影·····	106
第二十一章 怎样阅读胸部横断	
体层照片·····	107
(一) 观察横断胸部的下断面·····	107
(二) 观察横断胸部的上断面·····	107
第二十二章 正常胸部横断体层	
影像·····	108
(一) 肺尖区·····	108
(二) 肺门上区·····	109
(三) 肺门区·····	109
(四) 肺门下区·····	109
(五) 横膈区·····	109
第二十三章 横断体层摄影在放	
射治疗方面的应用·····	111

第二十四章 X线回转斜体层摄	
影术·····	112
一、回转斜体层摄影机的构造及	
用法·····	113
二、原理·····	114
(一) 回转斜体层摄影成像与不	
成像的概念·····	114
(二) 成像与不成像的证明·····	114
三、应用体会及意见·····	120
(一) 回转斜体层摄影的概念·····	120
(二) 摄影方法·····	121
(三) X线投射角与胶片倾斜度·····	121
(四) X线回转照射角度·····	122
(五) 临床应用与优缺点·····	122
(六) 横断体层摄影与回转斜体	
层摄影·····	122
(七) 回转多层斜体层摄影·····	123
第二十五章 电子计算机X线	
体层术·····	123
一、概述·····	123
二、基本原理与特点·····	124
(一) 工作原理·····	124
(二) 特点·····	125
三、电子计算机X线体层装置的组	
成部件·····	126
四、电子计算机X线体层的扫描方	
式·····	126
五、图像再现·····	127
六、目前状况与今后展望·····	129
七、临床应用·····	131
(一) 颅脑·····	131
(二) 胸部·····	132
(三) 腹部·····	132
(四) 骨盆·····	133
(五) 放射治疗方面的应用·····	134

第一篇 体层摄影技术基础概述

第一章 概 述

在普通X线照片上,各层组织的阴影互相重叠,需要观察的病变有时显示不清楚。早在 Röntgen 氏发现X线的第二年,即 1896 年已由 Mach 氏提出了一套立体摄影方法。该方法虽然能够显示组织的立体影像,但是仍然不能排除物体结构的相互重叠,因此普通X线影片的诊断受到一定限制。为了提高诊断的准确度,可采用一种特殊的体层摄影方法,既可较清楚地摄取人体某一层组织的影像,又使其他各体层的阴影模糊不清,这种摄影方法就叫做体层摄影术。体层摄影术可分纵断体层摄影术与横断体层摄影术,以及目前新发展的电子计算机X线体层术。体层摄影也叫断层摄影或分层摄影。摄取这种影片的机器叫做X线体层机。

纵断体层摄影术是摄取与人体纵轴相平行的某一层组织影像的技术。这种摄影技术据文献记载,1914 年俄国学者 K. Майер 氏首先提出了体层摄影的理论,之后由法国 A. E. Bocage 氏等于 1921 年发表了体层摄影的有关理论并描述了它的方法。当时只是限于理论阶段,未曾用于临床。在这以后又有许多学者进行了多种设计与理论研究,到 1930 年才由意大利人 Vallebona 氏将这种方法应用于临床。后来由于科学技术和X线机械工业的发展,又有了多轨迹纵断体层机问世,为临床放射诊断提供了新的检查手段。

横断体层摄影术是摄取与人体纵轴相垂直的某一横切面体层影像的技术。Kieffer 氏于 1938 年首先对本方法进行了几何学的研究。Vallebona 氏于 1947 年又以病人的实体为对象摄取了横断体层影片。实践证明本方法是在纵断体层摄影技术的基础上,从另一个角度观察人体的体层影像。

X线体层摄影技术近年来又有很大发展,例如出现了激光全息体层摄影、电子计算机体层、体层透视、体层录像、多图像光学集成法……等新技术。在机械结构、影片质量、应用范围各方面都有很大改进,已成为X线诊断必不可少的方法之一。

第二章 纵断体层摄影一般介绍

(一) 体层摄影原理

体层摄影的目的是将欲观察的某一层组织能够较清晰地照到影片上,而使不欲观察的各层组织的阴影模糊不清。根据X线摄影原理,在X线照射过程中X线管、胶片、物体三者中,如一者在照射时发生了移动,其结果将使影片模糊。移动度越大,则模糊度也越大。据此原理,在X线照射过程中,让其中二者进行反方向移动,相互保持协调关系,使欲照体层平面作为转轴,让X线管焦点到欲照体层和欲照体层到胶片的距离保持一定的比例,如此欲照体层即可在移动过程始终不变地落在胶片上某一点,其组织阴影即可

清晰地显示出来，而使非欲照体层组织阴影在影片上模糊，显示不清。

体层摄影的原理是有其几何学根据的。现说明如下：

现以O点作欲照体层来解释(如图2-1a所示)，X线管在A位置时，O点的投影为A'，假如X线管由A移动到B位置时，而胶片则从A'移动到B'。它的移动方法是以O点为轴，则X线管与胶片成相反方向移动。计算胶片的移动距离是多少呢？因为AB和A'B'是平行的，所以从O到AB间距离为m，从O到A'B'间的距离为n，那么它们的关系即：

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{m}{n} \quad \text{又即：} A'B' = \frac{n}{m} AB$$

X线管移动AB距离时，则胶片移动 $\frac{n}{m}AB$ 距离；而胶片上的A'影像是随着胶片从A'到B'移动，它的移动距离为 $A'B' = \frac{n}{m} AB$ 。

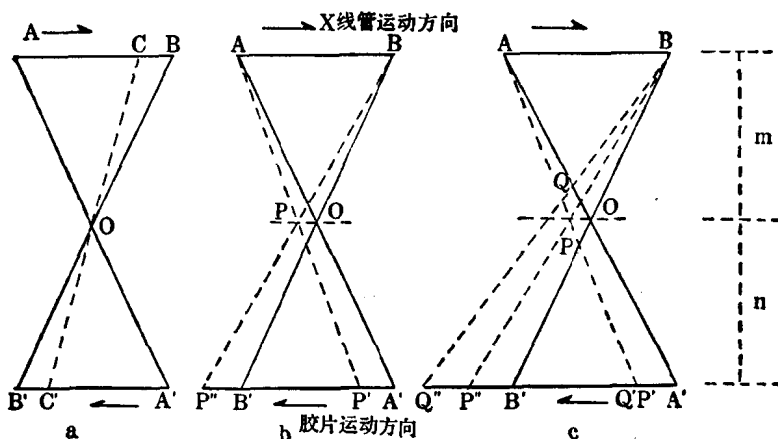


图 2-1 体层摄影原理图解

由于A'影像移动方向和移动速度均一致，因此O点的投影始终落在胶片上的某一处，所以在影片上能够成像。

现设P点同O点处在一个平面上(如图2-1b所示)，当X线管在A位置时，P点在胶片上的投影为P'；当X线管移动到B位置时，P点在胶片上的投影为P''，那么P'-P''之间的移动距离也同前述一样即：

$$\frac{AB}{P'P''} = \frac{m}{n} \quad \text{又即：} P'P'' = \frac{n}{m} AB$$

P'P''和胶片移动的距离保持相等，P点的投影P'始终投影在胶片上的某一处，所以在胶片上也能够成像。

现在谈一下不在PO平面上的Q点能否成像，如图2-1c所示。当X线管在A位置时，Q点的投影为Q'，这时Q通过P点，使Q与P重合而成为Q'P'，当X线管移动到B位置时，Q点与P点不处在一个直线上，Q点在胶片上的投影为Q''，P点的投影则为P''。当X线管从A位置移动到B位置时，Q点的投影从Q'P'移动到P''时，Q点作为一个点可以形成影像，因Q'不是P''，而是Q''。所以Q'Q'' $\neq \frac{n}{m} AB$ ，因而不成为点，而是

成为P'Q'范围的移动模糊线，因此这个Q点是在任何时都不可能以点在胶片上成像。以上所述即为体层摄影基本原理。

(二) 体层的模糊度

在体层摄影时，非欲照体层的阴影变为模糊；另外还有一些其他因素而产生的模糊，例如半影的模糊、运动的模糊、增感屏的模糊……等，这些总计为体层摄影模糊度。

(1) 层面的模糊度 现举直线型体层机为例，如图2-2所示，在物体中有n、m、o三点，X线管为P，当X线管垂直时，三点的投影重叠为a。m点是处在体层面上，o点和n点都不在体层面上。

当X线管由P位置沿直线移动到s位置时，这时n、m、o三点在S₂胶片上的投影，则移动了不同的距离，分别为c、b、d三点。因胶片移动速度与b点移动速度相同，故b点投影保持原来位置不变。其余各点的投影在胶片上发生了不同程度的位移。o点的位移距离是bd，n点的位移距离为bc。

这些移动距离就是当X线管由P位置移向s位置时，n点与o点物体的模糊度。求bc和bd的方法如下：

求bc值：bc = ac - ab

ac长度可由相似三角形△nca和△psn来确定。

$$\frac{ca}{ps} = \frac{an}{np}, \text{ 或 } \frac{ca}{ps} = \frac{H-h+x}{h-x}.$$

H和h是相对的高度。x是体层至n层距离。

因此：

$$ca = ps \cdot \frac{H-h+x}{h-x}$$

同理，由相似三角形△abm和△mps可求得ab值。

$$ab = ps \cdot \frac{H-h}{h}$$

结果：

$$bc = ac - ab = ps \cdot \left[\frac{H-h+x}{h-x} - \frac{H-h}{h} \right]$$

将上述公式简化，则为：

$$bc = ps \cdot \frac{Hx}{(h-x)^2}$$

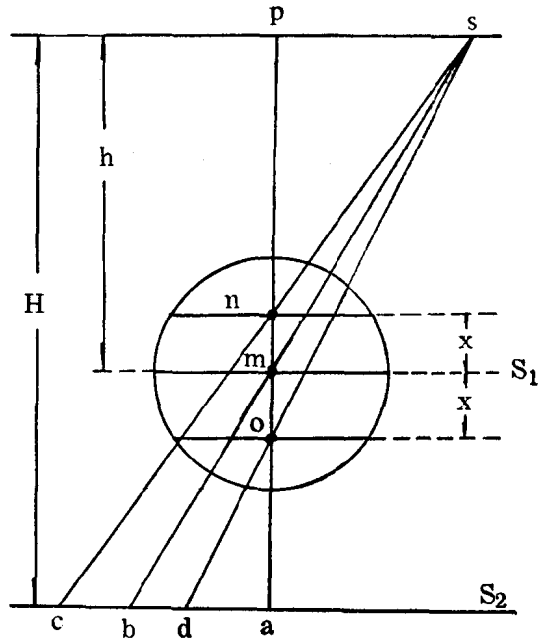


图 2-2 直线型体层机的模糊度

采用同样方法，可确定O点的模糊度 bd

$$bd = ps \cdot \frac{Hx}{(h+x)^h}$$

体层摄影时，X线管是处于垂直位置向两边移动，所以模糊度的量是 2bc 和 2bd。

如图 2-3 所示，可以更清楚地观察物体在体层摄影过程中的模糊情况。这种方法是将一些金属球按 1、2、3、4、5、……次序，间隔一定距离排列在一个 30~45 度的角度板上，X线管移动方向与金属球排列长轴成直角摄影。

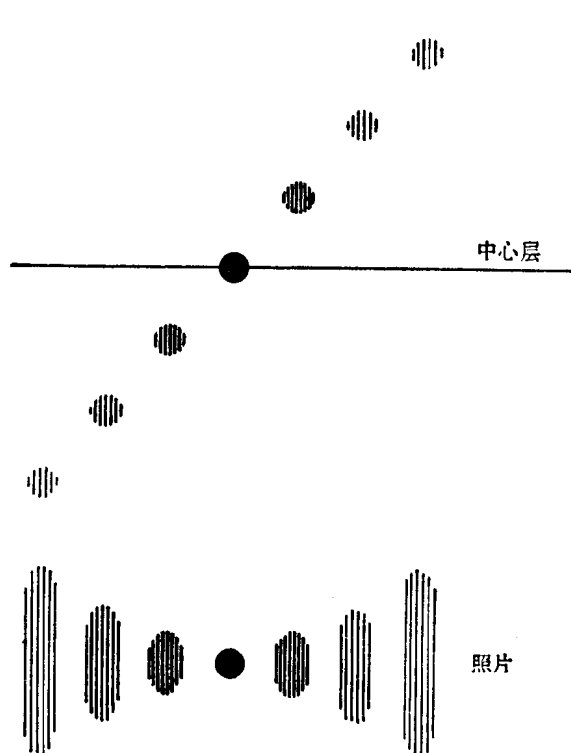


图 2-3 体层摄影模糊试验

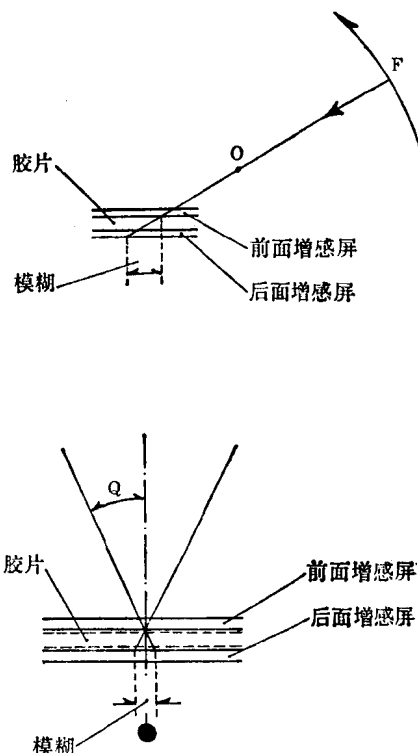


图 2-4 X线入射角产生的模糊

(2) 半影的模糊度 半影的模糊度又叫几何学的模糊度，它可随焦点的大小而变化。求半影 H_1 的公式如下：

$$H_1 = F \frac{B}{A}$$

F—有效焦点面积；A—焦点至体层的距离；B—体层至胶片的距离。

体层摄影时，X线管必须倾斜角度，此时物体在X线胶片上的投影将会增加其半影，现求其斜射后的半影：

$$H_2 = H_1 \sec \alpha$$

现将上述两式代入下式，

$$H_2 = (F \frac{B}{A}) \sec \alpha$$

(3) 增感屏的模糊度 体层摄影时,由于X线入射角的不同(一般为 $12^{\circ} \sim 80^{\circ}$),所以在增感屏上产生的模糊度也各异。其入射角越大,则在增感屏上产生的模糊度越大,其计算方程式如下:

$$H_2 = n \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

n —X线胶片与增感屏的总厚度; α —X线管移动角度。

不同的X线入射角时,在不同厚度的增感屏与胶片情况下,所产生的模糊度如图2-4所示。常采用的增感屏厚度约为0.3毫米,X线胶片厚度约为0.15毫米,那么增感屏与胶片的总厚度约为0.45毫米,将此数代入下式。

即: $H_3 = 0.45 \operatorname{tg} \alpha$

X线管在不同移动角度时,增感屏所产生的模糊度如表2-1。

表 2-1 不同角度时增感屏的模糊度

角 度 α	0	10	20	30	40	50	60	70
模糊度 mm	0	0.13	0.27	0.43	0.64	0.90	1.30	2.06

(4) 被照体运动的模糊度 在胸部体层摄影时,心脏、大血管以及肺组织的搏动,所形成的模糊是不可避免的,其搏动情况如表2-2所述。

表 2-2 心脏及血管搏动情况

左 心 室	7.5毫米/0.1秒
右 心 室	7 毫米/0.1秒
心 房	0.6毫米/0.1秒
左肺动脉	1.1毫米/0.1秒
右肺动脉	0.7毫米/0.1秒

另外,心肺区域的搏动,可参阅图2-5,这些数据(毫米/0.1秒)可供我们在实际摄影中参考,在搏动量大的区域,可给予短的照射时间,以减少器官运动所产生的模糊度。

(5) 物体的模糊度 分析体层所照物体时,最简单的方法是球状体。如果体层中心正指向球体的中央,当X线管在中间位置时,投影为圆形;若X线管移向一侧时,球体的投影将会变成椭圆形。图2-6a是一个球体,在 $0^{\circ} \sim 50^{\circ} \sim 80^{\circ}$ 的偏角时的阴影结构。阴影的密度,是受X线管移动角度的影响,角度越大,其密度就越低。因此球体的阴影在体层摄影时,其尾部的密度是逐渐减低的。

球体下面所绘曲线(图2-6b),是球状体的密度(2为弧线型体层机,1为直线型体层

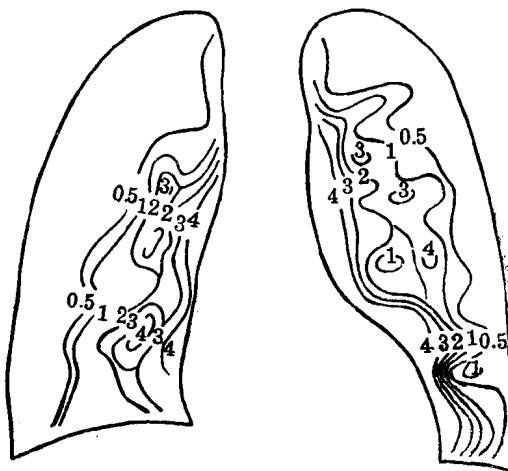


图 2-5 心脏及血管搏动图
(数据表示:毫米/0.1秒)

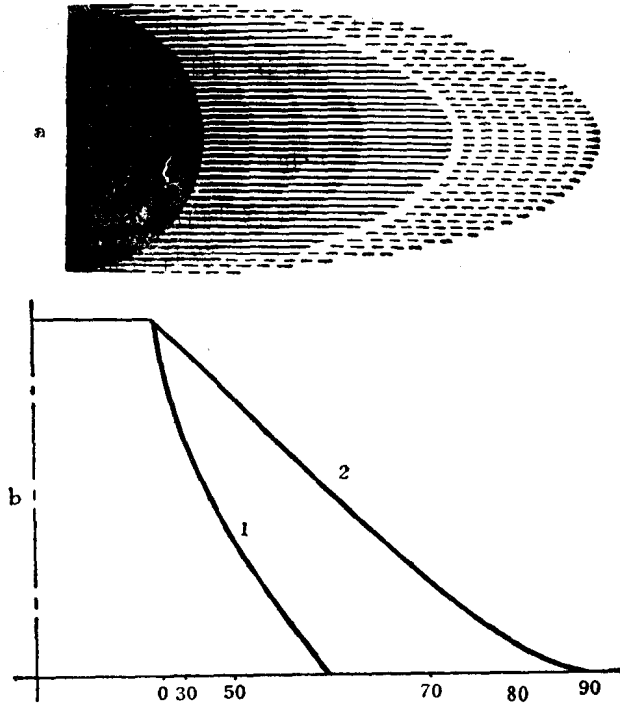


图 2-6 球状物体的模糊度

机)。总结上述，有以下几点体会。

- ① 物体边缘密度逐渐模糊，这是体层影片呈现模糊原因之一；
- ② X线管移动角度大，体层影片的模糊度就大，如果采用增加移动角度的方法，减少体层的厚度，这样将会过多地舍弃原有组织的结构；
- ③ 体层的模糊度，有赖于体层机的类型。直线型的体层机模糊作用较低，而弧线型体层机模糊作用较好；
- ④ 模糊度需要视物体的大小、密度的高低而定。密度高、体积大者不易模糊，反之则容易模糊。

(三) 体层的厚度

体层厚度是指体层影片中模糊影像比较少的层面而言。

图 2-7 为圆柱形物体的体层摄影、所摄影像以及计算图解。图中 I 是依据欲照中心层的远离程度渐次增加，而形成菱形核影。此核影在欲照中心层处的宽度，是和被摄物体的宽度 d 相等（除去投影放大），远离中心层则逐渐减小，到 y 距离之外则消失。此核影所存在的范围，即被摄物体（或病灶）的模糊影像。核影中心层和核影其它部分的对比度相同，因此可认出核影厚度（T），T 即是体层的厚度，由下述公式求 y：

$$y = \frac{I}{2(1 + \frac{r}{R}) \tan \frac{\theta}{2}}$$

由于 $T = 2y$ 则：

$$T = 2y = \frac{I}{(1 + \frac{r}{R}) \tan \frac{\theta}{2}}$$

核影消失时 $I = d$ ，代入公式：

$$T = \frac{d}{(1 + \frac{r}{R}) \tan \frac{\theta}{2}}$$

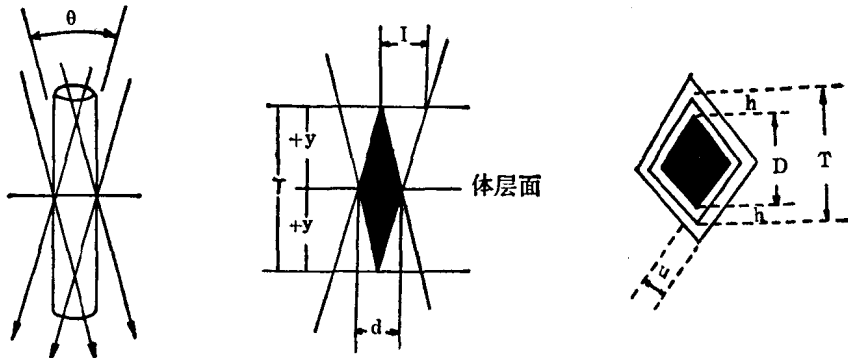


图 2-7 圆柱体体层摄影层厚计算图解

核影的厚度与摄影条件、物体大小及密度有关。T厚度其中还包括X线摄影固有模糊度（ μ ）和残影（ h ），图中D是被摄物体在胶片上的实际投影。所以D应以下式求得：

$$D = T - 2h = \frac{d}{(1 + \frac{r}{R}) \tan \frac{\theta}{2}} - \frac{\mu}{\tan \frac{\theta}{2}}$$

欲求体层中心层时，用下式计算：

$$D_0 = \frac{d}{(1 + \frac{r}{R}) \tan \frac{\theta}{2}} - \frac{F \frac{r}{R} \sec \frac{\theta}{2} + \mu + d \tan \frac{\theta}{2} + (1 + \frac{r}{R})}{\tan \frac{\theta}{2}}$$

应用此式所计算的体层厚度数值列入表 2-3。

表 2-3 圆柱体体层厚度

d (毫米)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D (毫米)	0.2	1.0	1.7	2.5	3.3	4.9	5.7	6.4	6.4	7.2

注：F——焦点面积3mm；R——焦点至体层距离100cm；r——体层至胶片距离20cm；

θ ——X线管移动角度50°； μ ——X线摄影固有模糊度0.27mm；d——圆柱的宽度。

体层的厚度，在理论上的计算同实际试验，有一定程度的差异，它是受以下因素所影响。

① 被照体对X线的吸收程度，密度高者，体层则厚，密度低者，体层则薄，例如肺与心脏在同一个条件下，所摄取的体层厚度就有明显的不同，参见图 2-8 所示。

② 摄影千伏高者体层则薄，低者体层则厚，参见图 2-8 所示，图中左半面千伏高于右半面，因此体层厚度虽然在同样的荡角下，由于摄影千伏的不同，而体层的厚薄则异。

③ X线管荡角大者体层薄，小者体层则厚。

④ 观片灯箱的亮度。

⑤ 观片者视力的误差。

(四) 体层的清晰度

体层片的清晰度优劣,是X线摄影质量的主要指标。体层片的清晰度和体层机的好坏有很大关系,例如焦点的大小;焦-物距离;物-片距离;机械结构性能等。除此之外,要使体层片清晰度提高,要考虑以下条件。

- ① 采用小焦点或微焦点;
- ② 摄影时限要短(尤其是摄取活动的脏器部位);
- ③ 体层-胶片距离要缩短;
- ④ 焦点-体层距离要增大;
- ⑤ 增感屏物质颗粒要小;
- ⑥ 增感屏、X线胶片的厚度要薄;
- ⑦ X线胶片质量要好;
- ⑧ X线管移动角度要小;
- ⑨ 被照体要充分固定;
- ⑩ 显影液配方及洗像技术要求标准等。

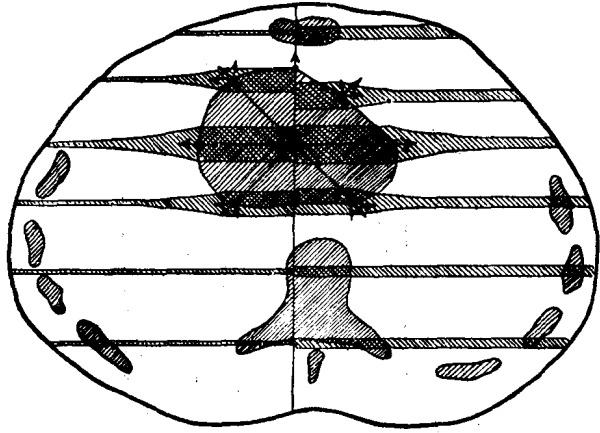


图 2-8 胸部体层厚度模拟图

(五) 体层的干扰影

所谓体层干扰影,就是在体层片上常产生的一种残留影,它包括以下两种。

(1) 晕影 即体层以外的物体,由于体层摄影的关系,产生一种不完全模糊的残存影像,尤以密度高的部位,更是显著,这是由于密度高的物体不容易模糊,以致残留的一种影像,例如在胸部体层片上残留的肋骨影像。

(2) 核影 在体层摄影时,X线管沿着物体长轴运动所产生的一种重叠影。

上述体层干扰影,是体层片上经常发生的一种现象,它比较容易识别,对诊断影响不大。

(郝子健)

第三章 横断体层摄影一般介绍

一、横断体层摄影原理

横断体层摄影原理与纵断体层摄影原理相同。在摄影过程中,某一体层面组织,投影在X线胶片上的位置始终固定不变,因而成像。其他体层面组织,投影在X线胶片上的位置,依一定规律而改变,因而不成像。

横断体层机结构与纵断体层机结构不同(图 3-1)。常用的横断体层机是X线管固定,患者坐或立在一个回转台上,X线胶片平置于患者左侧的胶片回转台上。X线中心

射线的投射角(X线管倾斜角度)通常呈 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$, 当患者回转台与胶片回转台各自以其垂直轴同步回转一周获得均速时, X线开始照射, 斜射人体投影于平置的X线胶片上(图 3-2)。X线管焦点F, 需在两回转台轴心线L、M所确定的垂直平面内。X线中心射线投射于胶片回转台的轴心O, 与患者回转台轴心线L相交于P点。通过P点的横断体层面称为体层, 其他横断体层面称为非欲照体层。

(一) 体层成像

为证明体层成像, 选用体层上三点加以证明。

(1) P点成像 P点是体层回转中心。X线开始照射时($t=0$ 时), P点投影于O点。当同步回转 θ 角时($\theta = \omega t$), 因P、O两点在回转台轴心线上均为自身回转, X线中心线FP无空间移动, 所以P点始终投影于O点。投影点在X线胶片上的位置固定不变, 因而P点成像(图 3-3a、b)。

(2) P_1 点成像 P_1 点是体层与两回转台轴心线L、M所确定垂直平面交线上的任意点。在 $t=0$ 时, P_1 点投影于 P_1' 点(图 3-3b、c)。当同步回转 θ 角时, P_1 点到达D点, P_1' 点到达D'点。所以

$$\angle P_1PD = \angle P_1'OD' = \theta$$

根据相似形原理, F、D、D'三点必在一直线上。所以D'点即是D点的投影点, 因而投影点在X线胶片上的位置固定不变。故 P_1 点成像。

(3) P_2 点成像 P_2 点是体层上不在 PP_1 直线上的任意点。在 $t=0$ 时, P_2 点投影于 P_2' 点(图 3-3d)。所以 $\angle P_2PP_1 = \angle P_2'OP_1'$ 。当同步回转 θ 角时, P_2 点到达E点, P_2' 点到达E'点, 且

$$\angle P_2PE = \angle P_2'OE' = \theta$$

据相似形原理, F、E、E'三点必在一直线上。所以E'点即是E点的投影点, 因而投影点在X线胶片上的位置固定不变。故 P_2 点成像。

如此, 体层上任意点均成像, 即体层成像。

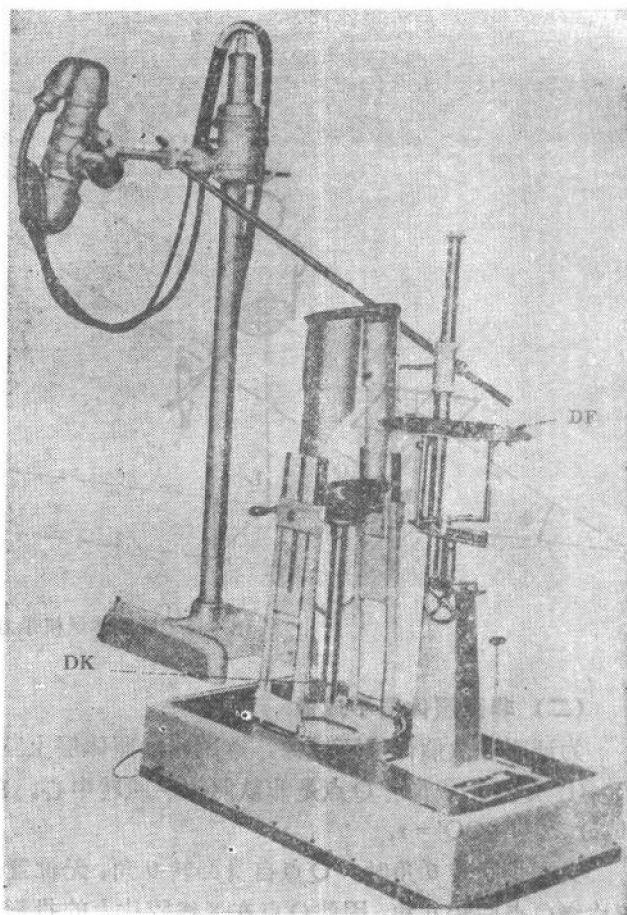


图 3-1 横断体层机

DF, 胶片回转台 DK, 患者回转台

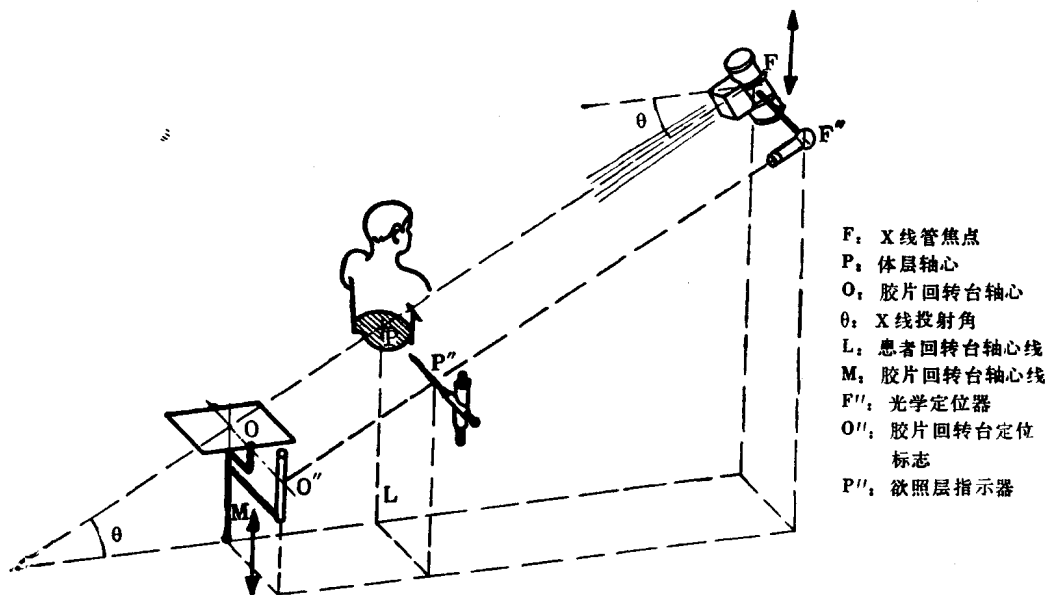


图 3-2 横断体层机示意图

(二) 非欲照体层不成像

为证明非欲照体层不成像，选用非欲照体层上三点加以证明。

(1) Q点不成像 Q点是欲照体层回转中心。在 $t=0$ 时，Q点投影于 Q' 点(图 3-3b,e)。其中 $OQ'=r$ 。

当同步回转 θ 角时，Q点自身回转 θ 角，无位置改变，所以 FQ 无空间移动。但 X 线胶片绕 O 点回转 θ 角，因此 Q 点在 X 线胶片上的投影点 Q' 画为 θ 角的一段圆弧。当回转一周时 ($\theta=360^\circ$)，Q 点的投影点在 X 线胶片上的轨迹为一圆周。圆心在 O 点，圆半径为 r 。可见 Q 点的投影点在 X 线胶片上的位置，因同步回转而改变，故 Q 点不成像。

(2) Q_1 点不成像 Q_1 点是欲照体层与两回转台轴心线 L、M 所确定垂直平面交线上的任意点。在 $t=0$ 时， Q_1 点投影于 Q_1' 点(图 3-3b,f)。

设横轴 $O \rightarrow x$ 为 OQ'

则 Q_1' 点必在 Ox 轴上

$$\therefore \frac{Q'Q_1'}{QQ_1} = \frac{FQ'}{FQ} = \frac{c+r}{a}$$

当同步回转 θ 角时，非欲照体层上 Q_1 点到达 H 点，H 点的投影点 H' 的位置是：

$$H'Q' \parallel HQ$$

$$\frac{H'Q'}{HQ} = \frac{FQ'}{FQ} = \frac{c+r}{a}$$

$$\therefore \frac{H'Q'}{HQ} = \frac{Q'Q_1'}{QQ_1}$$

$$\therefore HQ = QQ_1$$