

X 线特殊检查技术

主编 于兹喜 李月卿 张国华

石 油 大 学 出 版 社

X 线特殊检查技术

主编 于兹喜 李月卿 张国华

石油大学出版社

内 容 提 要

本书主要参照国内外有关X线特殊检查的常规检查技术编写而成,同时吸取了现代高新科技技术在临床上的应用。磁共振成像技术为除CT成像技术之外的又一门新兴学科,已在国内大中型医院内广泛应用,作为一章介绍。书中亦包含了对普通体层机的性能监测等内容。全书共分六章:体层摄影;高千伏及软X射线摄影;放大摄影;眼球异物检查及定位;CT检查技术及磁共振成像技术等。内容突出科学性、先进性及实用性,是放射技术工作者有价值的参考书。

X 线特殊检查技术

主编 于慈喜 李月卿 张国华

*

石油大学出版社出版

(山东省东营市)

新华书店发行

昌潍师专印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 10.75 印张 238 千字

1995 年 11 月第 1 版 1995 年 11 月第 1 次印刷

印数 1—1000 册

ISBN 7-5636-0619-X/R·10

定价:18.00 元

《X 线特殊检查技术》编委会

主 编 于兹喜 李月卿 张国华

副主编 朱延好 张卫萍 张建国 张晓康
姚建新 唐建军 李爱国 吕爱文

编 委 (按姓氏笔画排列)

孔铭新	王 军	王孚伦	毛建军	宁 静
刘建刚	刘子温	刘建平	李 萌	季乐新
孟风莲	张孔源	张文昌	张春峰	张连江
赵双来	姜 涛	耿 海	高紫红	

前 言

X 线特殊检查技术是医学影像技术中的重要组成部分,要获得准确、可靠、丰富的医学影像信息,就必须正确地掌握发展迅速、复杂而又高质量要求的医学影像诊断技术。随着医学影像技术的不断发展、质量保证(QA)与质量控制(QC)的开展,获得医学影像的先进手段在迅猛增加,对放射技术工作者的理论水平和技术水平要求不断提高。为适应现代科技发展及技术教育的要求,编者参考国内外最新理论与技术结合国内医院内开展的检查技术情况及多年的临床工作经验及教学实践编写而成。全书共分为六章,内容依次为体层摄影、放大摄影、高千伏摄影与软 X 射线摄影、眼球异物检查及定位、CT 检查技术和磁共振成像技术。本书除了介绍 X 线特殊检查的基本理论及常规技术外,还重点突出了影像质量评价与控制、CT 与磁共振成像等新技术的应用。文字内容力求简练,由浅及深,适用于教学及医学影像技术工作者参阅。为了便于读者准确、容易地理解文中内容,绘制了 70 余幅插图。需特别说明的是磁共振成像技术作为一门新技术放在 X 线检查技术之后亦列入本书介绍。

在编写过程中得到了石油大学出版社的大力支持,王淑珍主任为本书的编辑做了大量工作,并提出了一些宝贵意见。在此一并致谢。

限于水平和参考资料较少,书中的错误和缺点在所难免,希望读者和同仁们提出宝贵意见。

1995 年 11 月

目 录

第一章 X 线体层摄影	(1)
第一节 体层摄影原理	(1)
第二节 体层摄影装置的质量控制	(17)
第三节 体层摄影方法	(34)
第四节 纵断体层摄影技术的应用	(46)
第五节 口腔曲面全景体层摄影	(72)
第二章 放大摄影	(76)
第一节 直接放大摄影	(76)
第二节 间接放大摄影	(84)
第三章 高千伏摄影与软 X 线摄影	(85)
第一节 高千伏摄影	(85)
第二节 软 X 线摄影	(90)
第四章 眼内异物检查及定位	(96)
第一节 概述	(96)
第二节 平片检查	(96)
第三节 眼内异物定位	(100)
第五章 CT 检查技术	(112)
第一节 CT 成像原理	(112)
第二节 设备结构及 CT 机的发展	(115)
第三节 CT 图像质量及控制	(118)
第四节 CT 检查用造影剂及造影剂反应	(121)
第五节 颅脑 CT 的检查方法	(124)
第六节 胸部 CT 的检查方法	(126)
第七节 腹部 CT 的检查方法	(128)
第八节 脊柱 CT 的检查技术	(134)
第六章 磁共振检查技术	(137)
第一节 磁共振原理	(137)
第二节 磁共振成像特征	(142)
第三节 磁共振设备	(147)
第四节 脉冲序列与参数	(151)
第五节 磁共振中的流体成像	(157)
第六节 磁共振成像中的伪影	(161)
第七节 磁共振扫描的适应症及禁忌症	(165)

第一章 X 线体层摄影

第一节 体层摄影原理

普通 X 线机摄取的是肢体局部组织相互重叠的平面图像。它将立体的三维空间的肢体组织或病理结构重叠地投影在胶片上,使密度不同、图像各异的组织混淆在一起,给诊断造成一定的困难。

为使体内某层平面组织结构或病变图像从重叠的阴影中清晰地显示出来,1921 年法国人 A. E. Bocage 首先发表了体层摄影的理论,并描述了其方法,即将不同层面组织的结构分别投影在不同的照片上,获得体内某层平面组织的细致结构的清晰影像。这种把重叠组织中的某一层组织单独显示在照片上,使这层组织以外的上、下各组织图像模糊掉的 X 线摄影方法,称为 X 线体层摄影或断层摄影。

1939 年,谢志光教授首先在国内自制成功 X 线体层机,并将体层技术应用于临床。随着工业及医疗卫生事业的不断发展,从 50 年代开始,在 200~400mA 诊断用 X 线机上安装了简单的直线体层装置。70 年代,开始生产专用的多轨迹体层机。

1962 年,国际放射线单位及测定委员会(International Commission On Radiological units and Measurement ICRU)决定用“Tomography”一词作为 X 线体层摄影。

X 线体层摄影按所摄取肢体方向分为:(1)与人体纵轴方向平行的纵断体层(冠状面或矢状面);(2)与人体纵轴方向垂直的横断体层。

按 X 线管运行的轨迹分为:(1)单向移动式;(2)多向移动式。单向移动式又有弧线一直线式、弧线—弧线式和直线一直线式三种。多向移动式分为圆、椭圆、内圆摆线、螺旋线、正弦线及随意线等。

按其摄影方法又可分为:(1)单层体层;(2)多层体层;(3)放大体层;(4)荧光缩影体层;(5)口腔曲面体层摄影等。

一、纵断体层摄影专用名词

(一)支点

支点为摆杆转动的支轴,由它确定被摄体层面的深度。常用支点有两种:(1)可调支点:患者固定在床面上,调节支点高度,达到体层面深度。此类体层机,X 线管、支点、胶片三者间距离随体层面深度的不同而变化,因而放大率随体层面深度、照射角的大小而改变。(2)固定支点:支点固定,调节床面高度以达到体层面深度。此类型体层机,因 X 线管、支点、胶片三者间距离固定不变,因而放大率不变。

(二)体层面(objective plane)

体层面指预选的成像平面。曝光时,此平面上每个图像信息均投影在胶片的固定位置上,因而此平面图像清晰。体层面又叫“指定层”或“预选层”。

(三)层间距(断层间隔 section interval)

层间距指一个体层面与另一个体层面间的距离。层间距一般不超过欲摄病灶厚度的 $\frac{1}{2}$ 。

(四)干扰影

干扰影由晕残影、核阴影、线阴影及畸变影组成。晕残影也叫模糊残像,是体层面上下的组织按轨迹对称性延长并投影,其中能被辨认出的像即为晕残影(remaining blur shadow)。因为被摄组织具有一定大小,它的模糊残像在胶片上的位置稍有变化并重叠投影后,由于此单独晕残影更加重叠而具有较高对比度,这时把它叫作核阴影(nucleus shadow)。用单向移动方式时,它是一元的直线。用多向移动方式时,就带有二元的扩散,由于它是位置稍有变化后的阴影的重叠像,所以其轮廓很不清晰,中心部分较浓,而边缘部分较淡。线阴影(line shadow):线状和索状的组织在离开体层面一段距离时,由于其模糊像的重叠,在其模糊像的最外侧部分,有时对比度特别高。这时与模糊像外缘相连接的阴影就很清楚,这叫线阴影。

这些干扰影均系体层面以外组织在照片上的模糊留影。这些影像均能与体层面影像混淆干扰体层面影像的显示。

(五)层外影像

层外影像为体层面上、下非需要显示的组织在照片上的图像。这些图像信息在投影的传递过程中,因不能固定投影在胶片的定点上,因而模糊。

(六)X线管运行方式

该方式指体层摄影中X线管的运行轨迹。分单向式和多向式二种。X线管运行轨迹的方式越复杂,层外组织影像越模糊。

(七)体层角度

X线管运行过程中实际上分为两段,即先运行而后曝光。体层角度有二种:(1)X线管从开始运行到终止摆杆构成的夹角,称为机械角(荡角、运行角);(2)X线管在运行过程中,从开始曝光到曝光终止时中心线所构成的夹角为曝光角(照射角、摄影角)。其曝光角的二分之一称为X线管的倾角。机械角是为了克服惯性所造成的快慢,使运动开始后稳定均匀。曝光角是抹消运动所需要的角度。曝光角分大角度和小角度两种,大于 10° 的角称“大照射角”,常在 $30^\circ\sim 40^\circ$;小于 10° 的角称“小照射角”,常在 $5^\circ\sim 8^\circ$ 。

曝光角的大小决定获得体层厚度的不同,大角度用于薄体层摄影,小角度作厚体层摄影用。

二、体层摄影原理

纵断体层摄影,通常指沿身体长轴方向,显示肢体冠状面和矢状面图像的体层摄影方法。

X线曝光过程中,焦点、肢体、胶片三者保持相对静止,肢体图像信息在投影的传递过程中,分别投影在胶片的固定位置上。若三因素中的任何一因素改变其位置,X线照片图像将因信息在传递过程中位置的改变而被模糊了。根据这一原理,在摄影时间内,将三因素中任意二因素做同步协调的相反方向的运动,就能产生体层摄影作用。当今通用的方法是采用X线管焦点和胶片同步相反方向的协调运动,被摄肢体固定的纵断方式。

(一)直线体层摄影成像原理

X线管和胶片分别定装在连杆的两端,固定一点为支点,X线管和胶片分别沿床面长轴做相反方向同步协调的匀速直线运动。连杆向台面两端移动各 α 角的运动中进行曝光,相当于体层面上的各点在胶片上投影形成体层像(图1-1)。

设O、P点为体层面上的两点,Q点为体层面以上的点,A、B为X线管移动的距离,A'、B'

为胶片(或O点投影)移动的距离,
m 为焦点到体层面距离,n 为体层面到胶片距离。

X 线管在起始位 A 时,O 点在胶片上的投影为 A'。X 线管从 A 位移到 B 位时,胶片与 X 线管做平行反向协调匀速运动,从 A' 位移动到 B' 位,O 点(体层面)到 AB 的距离为 m,到 A'B' 的距离为 n,则:

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{m}{n}$$

$$\text{即: } A'B' = \frac{n}{m} \cdot AB$$

显然,体层面上的 O 点在胶片上的投影 A' 点,也随 X 线管移动的同时由 A' 到 B' 点,其移动距离为

$$A'B' = \frac{n}{m} \cdot AB$$

(1-1)

从上式说明,O 点在胶片上投影移动的距离等于胶片自身移动的距离,即 O 点在图像信息投影的传递过程中,始终投影在胶片的固定位置上而形成影像。

在平行于 AB 和 A'B' 且包含有 O 点的体层面上的任一点 P 点,在胶片上的投影点 P',随 X 线管移动的同时,也从 P' 点移到 P'' 点,其移动距离为 P'P'',则

$$\frac{AB}{A'B'} = \frac{m}{n} \quad P'P'' = \frac{n}{m} \cdot AB$$

代入公式(1-1),则

$$P'P'' = A'B'$$

可见,P 点的投影 P' 的移动距离与胶片及同层上 O 点的移动距离相等,因而成像清晰。所以凡是平行于 AB,且与支点在一平面内的点均可清晰成像。因而整个体层面均可清晰显像。

图(1-1)还显示,凡是在体层面以外的点如 Q 点,当 X 线管在 A 位置时,Q 点在 X 线胶片上的投影为 Q',这时因为 AQPP'Q' 均都在一条线上,其影像必然重合。当 X 线管移动到 B 位置时,Q 点在 X 线胶片上的投影为 Q'',P 点的投影为 P',因为 P 点和 Q 点都处在一个平面上,在 X 线管运动过程中,始终在 X 线胶片上的某一处成像。而 Q 点因与 O 点不处在一个平面上,当 X 线管由 A 移到 B 位置的过程中,Q

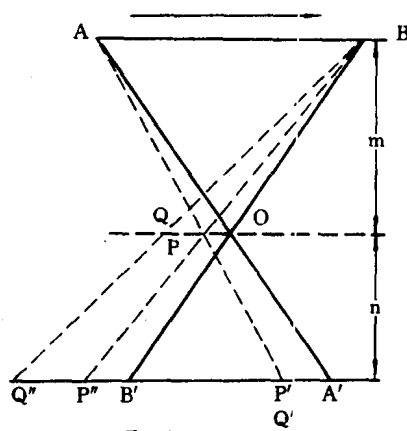


图 1-1 直线体层摄影成像原理图

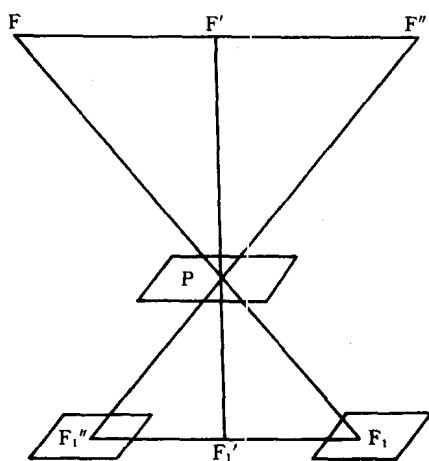


图 1-2 X 线管直线轨迹运行示意图

点改变了自己原来所处的位置其移动距离为 $Q'Q''$, 因为 $Q'Q'' \neq \frac{n}{m} \cdot AB$, 所以 Q 点在胶片上不能成像, 变成模糊阴影。同理, 在 O 点平面下方的点在运动过程中, 都改变了自己原来所处的位置, 产生运动学模糊, 所以在 X 线胶片上也不能成像。

即上述所知, 凡是平行胶片, 并且包含在欲摄影体层面内的诸点在体层照片上均显示清晰, 而欲摄影体层面以外的各点均被模糊, 不能成像。

(二) 多向式体层摄影成像原理

多轨迹体层装置, 不管是 X 线管与胶片在照像过程中作直线、圆、椭圆、内圆摆线还是螺线运动, 只要是 X 线管与胶片作同步运动, 那么在预断层面上(指定层或断层)各点的投影在胶片上的位置始终固定不变而成像; 在预断层面外的点的投影, 因在胶片上的位置经常发生移动而不能成像。

常用的 X 线焦点(或胶片中心)运动的轨迹有: ①直线轨迹(水平移动轨迹)(图 1-2)②圆

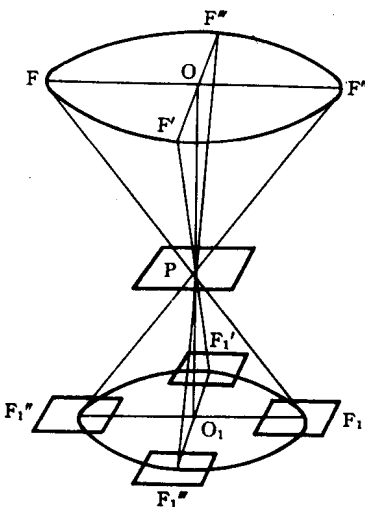


图 1-3 X 线管的圆或椭圆
轨迹运行示意图

轨迹(图 1-3)③椭圆轨迹(图 1-3, 其中 $Q_1 > Q_2$)④内圆摆线轨迹(图 1-4)⑤等进螺线轨迹(图 1-5)。不管 X 线管焦点是何种运行轨迹, 其成像原理都是相同的。下面以圆轨迹成像原理为例。如图 (1-6) 所示。

X 线管焦点 F 运行的轨迹的圆心为 O, 半径为 R, 角速度为 ω 。胶片中心为 F_1' , O_1F' 运动的轨迹的圆心为 O_1 , 半径为 R_1 , 圆 O 平面与圆 O_1 平面平行, 且 OO_1

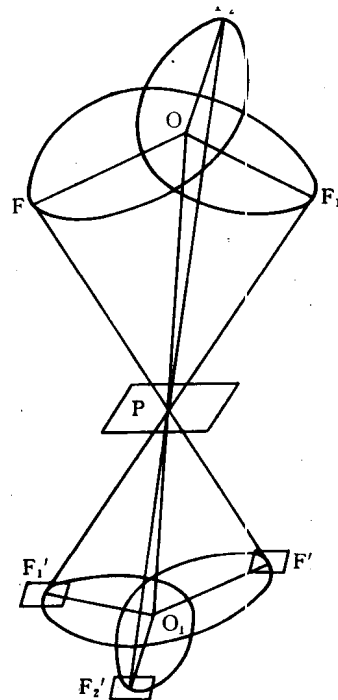


图 1-4 内圆摆线轨迹运行示意图

P: 指定层中心

O_1 : 胶片回转中心

F', F_1', F_1'' : P 点在胶片中心的投影

垂直两圆所在平面。焦点 F_1 和胶片 F'_1 作同步反向圆周运动。照射开始时($t=0$), X 线管焦点位于 F_1 位置, 胶片中心在 F' 点位置, $F_1F'_1$ 与 OO_1 相交于 P 点, 经 P 点的水平面为预断层层面(其中 F_3, F_4 为焦点 F 旋转 $180^\circ, 270^\circ$ 时的位置)。当曝光经过 t 秒时, F 到达 F_2 点位置, 转角 $\theta = \omega t$ 。设圆 O 所在平面为 M, 圆 O_1 所在平面为 N, P 所在平面为 D, X 线 F_1P 与平面 N 相交于 F'_1 点。

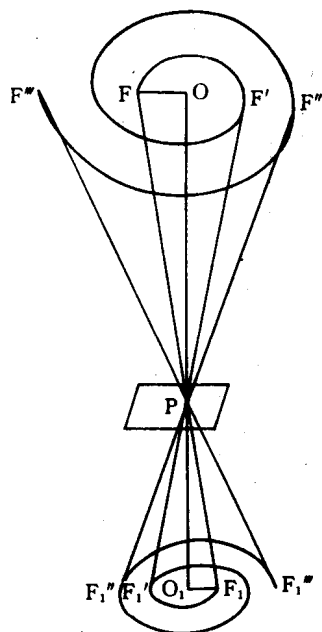


图 1—5 等进螺旋线轨迹运行示意图

O: X 线管运行时的中心

P: 指定层中心点

O_1 : 胶片旋转中心点

$F_1, F'_1, F_1F'_1$: P 点在胶片中心的投影

$\because$ 平面 M // 平面 N, $OO_1, F_1F'_1$ 组成平面分别与 M, N 平面相交于 $OF_1, O_1F'_1$:

$$\therefore O_1F'_1 // OF_1 \quad \text{于是} \quad \frac{O_1F'_1}{OF_1} = \frac{O_1P}{OP}$$

$$\text{同理, } O_1F'_2 // OF_2 \quad \frac{O_1F'_2}{OF_2} = \frac{O_1P}{OP}$$

$$F'_1F'_2 // F_1F_2 \quad \frac{F'_1F'_2}{F_1F_2} = \frac{O_1P}{OP}$$

$$\therefore \frac{O_1F'_1}{OF_1} = \frac{O_1F'_2}{OF_2} = \frac{F'_1F'_2}{F_1F_2} = \frac{R_1}{R}$$

$$\triangle F'_1O_1F'_2 \sim \triangle F_1OF_2$$

$$\angle F'_1O_1F'_2 = \angle F_1OF_2 = \omega t$$

可见 P 点的投影, 当经过 t 秒曝光后, 虽然胶片移动了 $F'_1F'_2$, 但由于 P 点的投影也移动了 $F'_1F'_2$, 即 P 点的投影始终是在胶片的一个位置上不变, P 点成像。在预断层层面 D 上的任取一点 P', 设 $PP' // O_1F'_1$, 曝光开始时, P' 点投影于 F'_1 点, 经过 t 秒后 P' 点投影于 F'_2 点。

$$\because F'_2F'_2 // PP' \quad F'_1F'_2 // PP'$$

$$\therefore F'_2F'_2 // F'_1F'_1$$

$$\text{同理, } F'_1F'_2 // F'_1F'_2$$

$$\therefore \text{四边形 } F'_1F'_2F'_2 \text{ 是平行四边形,}$$

$\therefore F'_2F'_2 = F'_1F'_1$ 这就表示了经过 t 秒, 胶片中心 F'_1 到达 F'_2 , 因为 $F'_1F'_2 = F'_1F'_2$, 所以 P' 点的投影在胶片上的位置始终不变, 因而 P' 点成像。通过上面的证明, 说明预断层面上的各点都能清晰成像。

预断层面以外的点能否成清晰的像?

如图(1-7A)所示, 设在预断层面以外上方 X 距离处($PQ=X$)有一非预断层面 β 平面, β 平面与 OO_1 相交于 Q 点, Q 点是不成像的。这是因为曝光开始时, Q 点投影于胶片的 G_1 点, 经过 t 秒后, Q 点投影于 G_2 (F_2Q 与平面 N 的交点), 胶片上 G_1 点到达 G'_1 位置。

设 $\angle F_1PO = \alpha$ (图 1-7B), 可求出 F'_1G_1 与 RR_1, X 的关系式。

在 $\triangle F_1OQ$ 和 $\triangle G_1O_1Q$ 中, 作 $QM_1 // F'_1G_1, PN_1 // F'_1Q$,

$$\therefore \frac{F'_1G_1}{PN_1} = \frac{F_1F'_1}{F_1P} = \frac{OO_1}{OP}$$

$$\therefore F_1'G_1 = PN_1 \cdot \frac{OO_1}{OP} \quad (1-2)$$

$$\text{又} \because OO_1 = (R + R_1) \cdot \text{ctga}$$

$$OP = R \cdot \text{ctga}$$

$$\text{且} \frac{PN_1}{QM_1} = \frac{F_1P}{F_1M_1} = \frac{OP}{OQ} = \frac{OP}{OP - PQ}$$

$$QM_1 = x \cdot \text{tga}$$

$$\therefore PN_1 = \frac{QM_1 \cdot OP}{OP - PQ}$$

$$= \frac{x \cdot \text{tga} \cdot R \cdot \text{ctga}}{R \cdot \text{ctga} - x}$$

$$= \frac{x \cdot R}{R \cdot \text{ctga} - x}$$

将 PN_1 代入 (1-2)

$$\therefore F_1'G_1 = PN \cdot \frac{OO_1}{OP}$$

$$= \frac{x \cdot R}{R \cdot \text{ctga} - x}$$

$$\cdot \frac{(R + R_1) \text{ctga}}{R \cdot \text{ctga}}$$

$$= \frac{x \cdot (R + R_1)}{R \cdot \text{ctga} - x}$$

同理, $\triangle F_2OQ$ 和 $\triangle G_2O_1Q$ 中有
关线段的关系:

$$F_2'G_2 = \frac{x \cdot (R + R_1)}{R \cdot \text{ctga} - x}$$

$$\text{设: } r = \frac{x \cdot (R + R_1)}{R \cdot \text{ctga} - x} \quad (\text{其中 } R, R_1,$$

x, α 不因运动而改变其大小)

$$\text{则: } F_2'G_2 = F_1'G_1 = r (\text{常数})$$

因此, 当 X 线管焦点回转一周

后, Q 点投影在胶片上点的轨迹, 是以 F_1 点为圆心, r 为半径的圆周, 故 Q 点不成像。

应用同样的方法, 可证明预断层面上的 β 平面上任意点都不成像。

结论: 在断层面外 β 层面上任意点的投影轨迹为半径相等的圆周, 且当 β 离预断层面的距离 X 愈大时, 圆周半径 r 愈大, 其影像也越模糊不清。

三、体层照片质量

(一) 体层面图像清晰度

在体层摄影中, 选取的体层平面的影像轮廓和细微结构显示的程度称“体层面图像的清晰度”。

优质体层面中, 应该是体层面图像清晰, 体层面上下的组织结构模糊。但由于体层摄影曝光时体层机械结构振动, X 线管焦点产生几何学模糊, 增感异、胶片等感光材料产生的模糊等, 使照片影像的清晰度受到很大的影响。

影响体层面图像清晰度的因素有:

1. 机械精度

机械装置精度不良, 如天地轨固定不牢, 可导致运动过程中的晃动; X 线管运行速度不均,

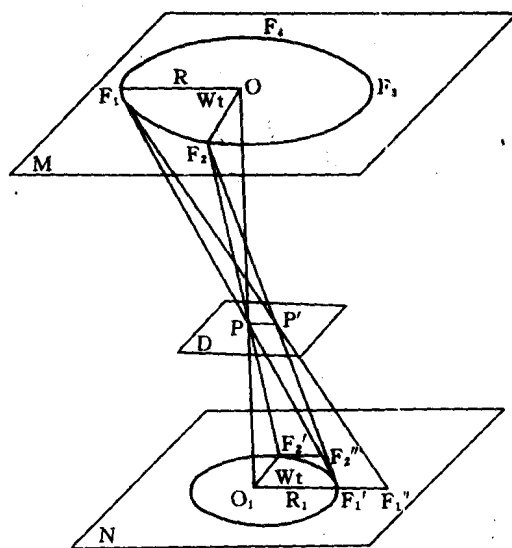


图 1-6 指定体层面成像示意图

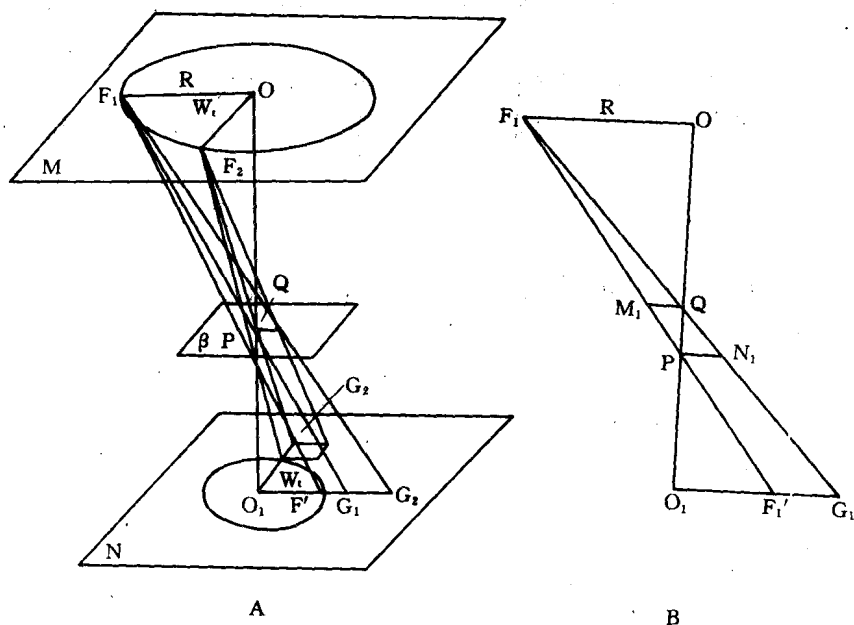


图 1—7 圆轨迹成像示意图

可导致轨迹线不规则,不对称,照片图像密度不均,使清晰度下降;导轨、轴轨不平滑,球管支臂与立柱配合运动时晃动,造成成像不良,体层面图像清晰度下降;滤线器、球管、胶片托盘在完成公转的同时,滤线器还要完成自转,均可因机械装置不良,使它们之间的组合运动未协调一致,运动中的平稳度不良,导致体层面图像清晰度下降。

2. 摄影物理条件

①X 线管有效焦点面积在同一体层角度的情况下,其焦点面积越小,影像的清晰度越高。

②焦点至体层面及体层面至胶片的距离:焦点至体层面距离 a 大和体层面至胶片距离 b 小时物体放大失真度小,则体层影像较清晰。

X 线管焦点的大小和焦点至层面距及层面至胶片距的比值对层面影像的模糊度,构成了一定的几何学关系。即在不同的照片上,如选择的焦点尺寸、焦点至层面距和层面至胶片距相同的情况下,其影像几何学的模糊度是一致的。其关系为 $H = F \cdot \frac{b}{a}$

H :几何学模糊度; F :有效焦点尺寸。

例:若使用有效面积 F 为 2.0mm , a 为 100cm , b 为 20cm , 则几何学模糊 $H = 2 \times \frac{20}{100} = 0.4\text{mm}$ 。

③X线管曝光角度:在其它因素相同的情况下,X线管曝光角度越大,则体层影像的清晰度越低。这是因为:A、两层增感屏和胶片占有一定的厚度,当X线斜入时,其两屏荧光影像则不可能投落在胶片的同一点上,因而使影像造成一定的模糊度。X线管曝光角度越大,其前后两张增感屏的荧光影像的投落点间距越大,影像就越模糊。在摄影部位相同的情况下,X线管体层角度越大,射线所穿过的组织越厚,照射的面积也越大,散射线的产生也就越多,因而影响体层影像的清晰度。

④在摄影部位和体层角度相同的情况下,多向轨迹较单向轨迹模糊度大。

⑤曝光时间:对活动脏器、小儿及不合作病人进行体层摄影要尽量缩短曝光时间。

(二)体层摄影的模糊度

体层摄影的模糊度可分为体层外组织的模糊度、增感屏的模糊度、几何学的模糊度、运动学的模糊度等。

体层面以外组织的模糊称体层摄影的背景模糊。背景模糊度越大,体层面内图像衬托得越清晰。对体层摄影来讲,模糊度用来表示层外组织被模糊变形的程度,而不用来表示描述体层图像的清晰程度。

在摄取体层片时,不需要的阴影要变成不同程度的模糊影像,另外还产生一些其它的模糊。

①半影的模糊

半影模糊也叫几何学模糊,可随焦点的大小而变化。半影 $H_1 = F \cdot \frac{b}{a}$,

F :有效点焦点尺寸;

a :焦点至预断层距离;

b :预断层至胶片的距离。

如果将X线管倾斜,物体在胶片上的投影将增加半影,斜射后的半影: $H_1 = H \cdot \sec\alpha = F \cdot$

$\frac{b}{a} \cdot \sec\alpha$ 。

②增感屏的模糊

体层摄影时,由于X线入射角的不同,在增感屏上所产生的模糊也有差异。入射角大时,在增感屏上产生的模糊也大。其计算公式为:

$$H_2 = h \cdot \tan\alpha$$

h :X线胶片与增感屏的总厚度

α :X线管移动的角度

通常采用增感屏厚度约为 0.3mm ,X线胶片约为 0.15mm ,则增感屏与胶片的总厚度 h 约为 0.75mm ,故 $H_2 = 0.75 \tan\alpha$ 。

③被照物体运动的模糊

如在胸部体层摄影时,心脏、肺血管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(1-1)所述。

表 1-1 心脏及大血管搏动情况

左心室	7.5mm/0.1 秒
右心室	7mm/0.1 秒
心 房	0.6mm/0.1 秒
左肺动脉	1.1mm/0.1 秒
右肺动脉	0.7mm/0.1 秒

上述数据可供我们在体层摄影中参考,对那些运动量大的区域应给予短的曝光时间,以减少器官运动产生的模糊。

④ 体积的模糊

分析体层所照物体时,最简单的方法是球状体。如体层中心正指向球状体中心,当 X 线管在中间位置时,其投影为圆形;若 X 线管移向一侧,则球状体的投影将会变成椭圆形。X 线管移动角度越大,其模糊的“尾部”延伸越长,影像的密度是受 X 线管移动角度的大小影响的。角度越大,它的密度就越低。因此,球状体的阴影在体层摄影时,其尾部的密度是逐渐减低的。

综上所述,有以下几点:A、物体边缘密度逐渐模糊,这是体层影像呈现模糊原因之一;B、X 线管移动的角度越大,体层影像模糊度也就越大,如果采用增加移动角度的方法来减少预断层的厚度,这样会过多地损失原有组织的结构信息;C、体层摄影的模糊度,有赖于体层机的类型。直线型体层机模糊作用低,而弧线型体层机模糊作用较直线型优良;D、模糊效果要视物体的大小、物体的密度的高低而定。密度高、体积大者不易模糊掉,反之则容易模糊。

1. 直线体层摄影的模糊度

由于肢体组织各点离体层面距离不同,被模糊的效果也不同。直线体层的模糊度如图(1-8),O 为体层面内的一点,N 为体层面以上的点,M 为体层面以下的点。当 X 线管位于 E 位时,N、O、M 三点的投影重叠于 a 点。X 线管以 E 位移动到 F 位时,上述三点在体层片上的投影分别为 c、b、d。因胶片与球管做协调相反运动,三点在胶片上投影移动的距离分别为:①N 点为 bc,②M 点为 bd,③O 点的投影 a 与 b 重合。显然 bc 超越 b 点,bd 落后于 b 点,因而 bc、bd 值是焦点从 E 点移动到 F 点时 N、M 的模糊度的量。N 点的模糊度值 bc 的求法是: $bc = ac - ab$ 。

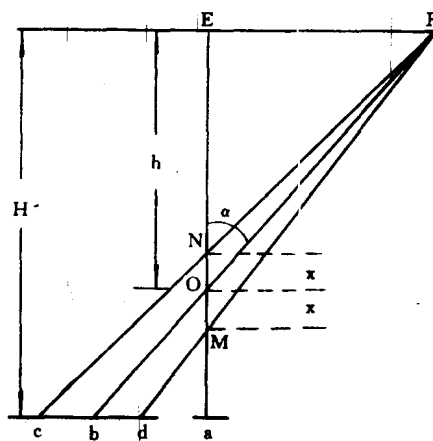


图 1-8: 直线体层摄影体层面
以外影像的模糊度

在相似三角形 $\triangle Nca$ 和 $\triangle NFE$ 中, $ac = EF \cdot \frac{H-h+x}{h-x}$

H: 焦点到胶片距, h: 焦点到体层面距, x: M 点、N 点到体层面距, EF: 焦点移动距离。

在相似三角形 $\triangle abo$ 和 $\triangle EFO$ 中 $ab = EF \times \frac{H-h}{h}$

$$\therefore bc = ac - ab = EF \times \frac{Hx}{(h-x) \cdot h}$$

同理可求得 M 点的模糊量 bd 值:

$$bd = EF \times \frac{Hx}{(h+x) \cdot h}$$

又因为 $EF = h \cdot \operatorname{tg} \alpha$, α 为照射角的 $\frac{1}{2}$ 。所以体层面上方 N 点的模糊度值为

$$bc = \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{Hx}{h-x}$$

体层面以下 M 点的模糊度值为

$$bd = \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{Hx}{h+x}$$

故可以得出体层面上面的点的模糊度大

于体层面以下的模糊度,

$$\text{即: } \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{Hx}{h-x} > \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{Hx}{h+x}$$

$$\therefore h \gg x$$

$$\therefore bc = \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{hx}{h}, bd = \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{Hx}{H}$$

即 N 点和 M 点模糊度 L 相等, 都等于:

$$L = 2 \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{Hx}{h}$$

$$\text{又} \therefore \frac{H}{h} = M (\text{放大率})$$

$$\therefore L_{\text{影}} = 2Mx \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

2. 圆弧体层摄影的模糊度

如图(1-9), 可以求出圆弧轨迹体层摄影时, 层面上方 N 点的模糊值 bc:

$$bc = ac - ab$$

从相似三角形 $\triangle acN$ 和 $\triangle EFN$ 中

$$ac = h \cdot \sin \alpha \cdot \frac{(H-h) \cos \alpha + x}{h \cos \alpha - x}$$

从相似三角形 $\triangle bao$ 和 $\triangle FEO$ 中

$$ab = h \cdot \sin \alpha \cdot \frac{H-h}{h}$$

所以 N 点的模糊度值为

$$bc = \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{x \cdot H \cos \alpha}{h \cos \alpha - x}$$

$$\therefore h \gg x$$

$$\therefore bc = \operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{Hx}{h}$$

位于 O 点下方的 M 点的

模糊度 bd 为 $bd = ab - ad$

由相似三角形 $\triangle dMa$ 和 $\triangle FME$ 中:

$$ad = h \cdot \sin \alpha \cdot \frac{(H-h) \cos \alpha - x}{h \cos \alpha + x}$$

所以 M 点的模糊值为:

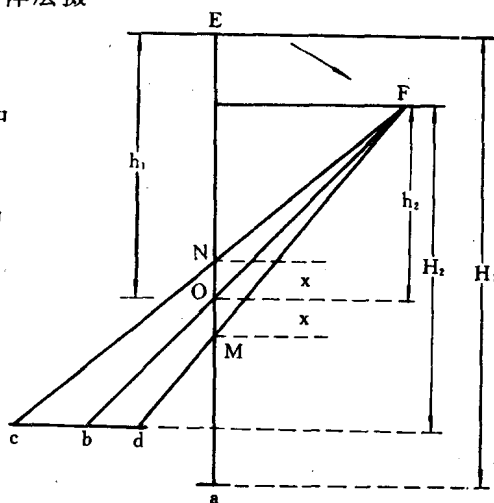


图 1-9 弧线轨迹体层摄影体层面
以外影像的模糊度

$$bd=ab-ad=\operatorname{tg}\alpha \cdot \frac{x \cdot H \cdot \cos\alpha}{h\cos\alpha+x}$$

$$\because h \gg x$$

$$\therefore bd = \operatorname{tg}\alpha \cdot \frac{x \cdot H \cdot \cos\alpha}{h\cos\alpha}$$

$$= \operatorname{tg}\alpha \cdot \frac{Hx}{h}$$

即 N 点和 M 点模糊度 L_M 相等,都等于:

$$L_M = 2\operatorname{tg}\alpha \cdot \frac{Hx}{h}$$

$$\text{又} \because \frac{H}{h} = M (\text{放大率})$$

$$\therefore L_M = 2Mx \cdot \operatorname{tg}\alpha$$

显然,直线轨迹体层摄影与圆弧轨迹体层摄影的模糊度相等,其数值为 $2Mx\operatorname{tg}\alpha$ 。

而圆轨迹体层摄影的模糊度 L_M 为:

$$\because \text{离开指定体层面 } x \text{ 的模糊半径 } r = \frac{x(R+R_1)}{R\operatorname{ctg}\alpha+x}$$

$$\therefore L_M = 2\pi r = 2\pi \cdot \frac{x(R_1+R_2)}{R\operatorname{ctg}\alpha+x}$$

$$\text{又} \because R_1+R = H\operatorname{tg}\alpha$$

$$R = h\operatorname{tg}\alpha$$

$$\therefore L_M = 2\pi x \cdot \frac{H\operatorname{tg}\alpha}{h \cdot \operatorname{tg}\alpha \cdot \operatorname{ctg}\alpha+x}$$

$$\because h \gg x$$

$$\therefore L_M = 2\pi x \cdot \frac{H\operatorname{tg}\alpha}{h}$$

$$= 2\pi \cdot Mx\operatorname{tg}\alpha$$

由上式可知,圆轨迹体层摄影的模糊度是直线、圆弧轨迹体层摄影的 π 倍。

此外,由于椭圆轨迹本层、内圆摆线……等多向轨迹体层摄影中的照射角是变化的,故其模糊度不能以一个公式来表示。

3. 控制层外组织模糊度的因素

①照射角越大,背景模糊度越大。

②体层面以外组织距体层面越远,层外组织的模糊度越大。

③距体层面等距离的层外组织,离胶片远的层外组织模糊度大。体层摄影时,应将层面组织远离胶片,使其产生较大的畸变模糊影。

④各种运动轨迹的扫抹特征,对层外组织的模糊度起决定性作用。

A. 直线轨迹的扫抹特征:扫抹不完善,易产生寄生线,又称“线性扫抹”。X 线管运行方向垂直于层外组织的长轴时,层外组织受到最大扫抹,产生最大模糊。X 线管运行方向平行于层外组织的长轴时,层外组织仅被拉长,扫抹效果最差,寄生线多。当 X 线管运行方向斜交于层外组织长轴时,其扫抹效果由斜交角度决定,其模糊度随交角的增大而增大。此现象称为“直线体层的方向依赖性”。

B. 圆轨迹的扫抹特征:无方向依赖性,对层外组织给予均匀的扫抹。大角圆、小角圆及中角圆的扫抹特性基本相同。但由于照射角不同,体层面厚度不同,层外组织被扫抹的表现也不同。广角圆的扫抹幅度较小角圆大,因而使用广角圆可获得较小角圆层外组织模糊度大的体层