

X 线体层摄影技术讲座

湖南省放射学会技术学组

一九八五年五月

前

言

在为中华崛起而读书这种精神的鼓舞下，我们试着编写了这本《X线体层摄影技术讲座》讲义。

书中共收集有关X线技术及诊断方面的文章20余篇，着重介绍了断层的原理，国内外断层的进展和动态，以及颈部、肺部、腹部及付鼻窦断层的操作技术和多轨迹断层的应用，另外也着重分析了一些国内外常用X线机的线路分析及故障修理。

同时还针对基层的具体情况，适当编入了一些X线诊断方面的讲座，以便供大家掌握X线技术和诊断领域较全面的知识。

我们编写这本讲义的原意，是既适合具有中等水平的同志提高学习，也为今后晋升提高打下一个坚实的基础，但由于编写时间过于仓促，加之我们这方面的经验不多，错误和疏漏之处，就难免了，很可能事与愿违，因此恳切的希望大家批评指正。

该讲义编写过程中得到湖南医学院黎光照、黄世璋、肖剑秋教授及省放射学会白先信大夫的热情支持和帮助，技术学组全体成员仅致谢意。

湖南省放射学会 技术学组

一九八五年五月

附注:

中华医学会湖南分会放射学会技术学组成员

主任委员: 莫德云

副主任委员: 靳子羣 徐培清

秘 书: 何长庚

委 员: 李定佳 卓尚丕 凌则翔
张文能 田德均 杨建雄
李泽龙

通讯联系地址: 长沙铁路医院放射科

1、体层摄影术的进展	1
2、数字减影血管造影(综述)	1 8
3、CT扫描的临床应用	2 6
4、计算机断层扫描设备原理	3 6
5、断层摄影的基本原理及机械构造	4 5
6、体层摄影选层的基本方法	6 1
7、体层装置校验与画值的评价	7 4
8、影响体层图象质量的一些常见原因	8 9
9、X-3 2型多轨跡断层机的临床使用	9 7
10、体层照片的阅片方法及诊断概述	1 0 6
11、头部体层X线摄影术	1 2 3
12、副鼻窦的X线诊断	1 4 2
13、眼和眶部疾病的X线诊断	1 6 0
14、胸部X线断层摄影	1 7 1
15、常规肺门断层正常所见	1 9 3
16、肺门断层与纵膈肺界面	1 9 9
17、断层摄影胸部疾病的诊断上应用简介	2 0 1
18、正常喉部正位多轨跡断层100例观察	2 0 6
19、体层摄影在腹部的应用	2 1 9
20、核磁共振成像透视	2 2 2
21、核磁共振波谱法	2 3 4

体层摄影术的进展

湖南医学院附一院 黎光熙教授

(一) 一般原理介绍

体层摄影术是一种非侵袭性和不需要对比剂的特殊X线检查方法。病人不需要作检查前准备。原来仅有直接形模糊运动装置，检查结果不能令人满意。自从近廿年有了精确的多向体层摄影装置以来，这个检查方法才逐渐在诊断放射学领域内处于一种新的和重要的地位。

稍为回顾一下历史。我们知道体层摄影术的原理首先是由四个国家包括波兰的K.Mayer(1914)，意大利的C.Baese(1915)，法国的A.E.M. Bocage(1921)和荷兰的Ziedes des Plantes(1921)各自建立起来的。后来又有美国M.G.kieffev(1928)的单独创造。此外还有两个特别值得提出的有关科学家是意大利的A.Vallebona(1930)和德国的G.Grossmann(1935)，他们也作出了突出的贡献。

由于体层摄影原理的发现是多中心的，因此这种检查方法的名称在外文上比较混乱。如命名为“stratigraphy”(vallebona)， “planigraphr”(Ziedesdes planfes)，

“tomograph” (Grossmann), 以及“lamina graphy” (Kieffer) 等。这些名称都是指一般的X线体层摄影术, 现在国际上统一的名称是“Tomography”即相当于我国采用的“断层”或“体层”摄影这个名称。“zonography”代表“厚层”体层摄影术。采用小的角角, 通常小于 10° 的角度。

体层摄影的方法

体层摄影方法共有六种, 此外还有一种是不正确的, 一并加以说明。

方法一, X线球管在一个平面内走直线并与胶片平行, 胶片与球管同步运动但方向相反, 中心射线与物体平面(A)垂直(在整个曝光期间)。

方法二, X线球管和胶片在平行的平面内同步运动, 但不是走直线而是走圆形、交叉、螺旋形、三叶形或其它复杂的运动。中心射线也是与物体平面垂直(在整个曝光时间内)。

要记住, 任何体层装置, 球管物体距离与物体胶片距离的比例必须维持一致(TA/AF),

方法三, 此法的球管与胶片不是在平行的平面内运动, 所以它与方法一、方法二都不一样, 而是围绕一个轴作弧形旋转, 轴的中

心在物体平面的焦点，中心射线仍然与物体平面垂直。 TA/AF 在整个曝光时间内是一致的。

方法四，这个方法是原来 Vallebona, (1933) 所叙述的。球管与胶片也是围绕一个轴作弧形旋转，轴位于焦点平面内，但中心射线不是与物体平面垂直而是在全部曝光时间内与胶片垂直，这个方法只在一点（中点），当旋转时，才与物体平面垂直。

方法五，这个方法原来是 Zieses des plantes (1932) 所叙述的。球管与胶片在平行的平面内以直线、圆形或螺旋形同步运动，但中心射线由同时旋转的球管指向胶片的中点。这个方法之所以与以前的方法不同，就在于这个中心射线的方向不同。

方法六，这是 Grossmann 原来所叙述的方法，球管在一个轴上旋转，轴的中心在焦点平面，中心射线指向胶片的中心，胶片也在同一个轴上旋转。但是其表面与焦点平面（A）平行（在整个运动中）。 $T_1A/AF_1 = T_2A/AF_2 = T_3A/AF_3$ 。

此外还有一个不正确的方法，其所以不正确是因为当曝光时，物体在焦点平面的影象放大是变更的。球管（ T_1 、 T_2 和 T_3 ）走弧形。弧的轴在焦点平面。中心射线连续与焦点平面（A）垂直，但胶片与焦点平面平行运动，在物体焦点平面任何一点的放大由比例 H/h 来支配， H = 球管—胶片距， h = 球管物体距。例如在 T_3 位置， H_3/h_3 不规于 H_2/h_2 。其结果是在体层片上物体同一

点的影象放大是变化的。尽管这个方法不正确，但以后曾成为常用的线形体层摄影装置并命名为“Danatome”。

模 糊 运 动

当前体层摄影器械几乎采用六种不同形式的模糊运动，即直线形、圆形、椭圆形、三叶草形(hypocycloidal)、假波浪形(Pseudosinusoidal)和螺旋形。每个形式各有其特点，但影响体层照片质量最重要的一个因素是球管—胶片在空间所走的方向。

任何一种体层摄影装置，其最基本的要求是这样，凡是物体与切层平面垂直的部分，其模糊的程度最大。而物体与切层平面平行的部分则不模糊，但仅延长。因此，一个理想的体层摄影装置应是射线来源于无数的方向，这样，物体要被模糊的部分会在某些时候与射线垂直，其次，还应导致均匀的模糊。根据一种特制的单纯铜丝体模来检查各种形式的模糊运动，就会发现直线形体层摄影装置的模糊式样是一种很不规则和不完全的模糊，这种不规则的模糊是不利的，它能在焦点平面产生假象（假性影象），这些假象不能与焦点平面的阴影区别。

在椭圆形体层摄影装置，由于球管——胶片的模糊系统增加了

射线的方向改变，使模糊的程度增加，但是椭圆的半径是改变的，因而模糊是不均匀的。当椭圆的长轴与物体平行时，就可以见到模糊不够的现象并具有直线形模糊运动的特点。

圆形运动，窄角度运动（ $1^{\circ} - 10^{\circ}$ ）的模糊是均匀的，但模糊的宽度比宽角度（ $20^{\circ} \sim 45^{\circ}$ ）运动的模糊明显小些。有作者指出，决定体层片的锐利度和边缘的对比度，模糊运动的角度是重要的。一般地说，角度愈大，影象的边缘清晰度愈差。

三叶形运动，在最大角度 48° 和最小角度 24° 时，根据有的作者研究，模糊的式样十分均匀，边缘分离很好。在上述角度的运动，切层的厚度接近1毫米。

螺旋形运动，其模糊特点决定于起始时最大角度与结束时最小角度之间的角度移位（角度差别）和螺旋的数目。例如两个螺旋的模糊运动，起始角度为 40° ，结束时为 25° ，其模糊的特点很象 32.5° 圆形运动的模糊式样，切层厚度是1.2毫米，如果其最小角度减少至 13.3° ，则模糊的边缘分离明显改进，其有效角度减至 26° ，切层的厚度增至1.5毫米。

现将以上这些模糊运动的特点，特别是假象的形成概括如下：

直线模糊运动产生的模糊是不完全的和不规则的，容易产生假象，这些假象之出现在焦点平面是由于保留了焦点平面以外的影象而产生的。这个现象提示线形体层照片不是记录一个层面的影象而

是记录一个不同深度的不规则的平面，其最终的影象形态决定于焦点平面以外的物体的方向与射线的关系。

圆形模糊运动所产生的模糊是均匀的但这些运动的半径是一个常数（不变），容易产生假象。运动的角度愈大，模糊的宽度也愈大，这是在体层片上产生假象的一个因素。例如，肺内有一钙化阴影，在距它一定距离的平面采用圆形运动摄影时，这个钙化可以形成一个环形阴影，数似结核性空洞，这是假象，由于模糊阴影（模糊式样）的融合所致。

椭圆形运动使模糊增加但保留一定的线形运动特征（长的半径关系）。

三叶形运动产生的模糊，其边缘分离很好，形成假象的趋势是有限的。

螺旋形运动的特征决定于总的角度差别（角度移位）和螺旋的数目。两个螺旋运动比三个螺旋运动更接近于圆形模糊运动。用 $45^{\circ} / 12^{\circ}$ 角度差别的三个螺旋运动，其产生的模糊特征是边缘分离特别好，但由于螺旋的半径改变是对称性的，因此，它可以产生假象。

焦 点 平 面 影 象

各种不同模糊运动的显象能力都体现由 Ziedses des plantes 1932 年所提出的“切线定律”的原理 (Law of tangents)。

X 线通过一个物体有不同程度的吸收, 如果没有边缘 (切线) 的投影, 实际上不成一个图象。如要将物体焦点平面的影象完全地显示出来则必须使 X 的投照方向有最大的改变, 这样, 发生的切线次数也会最多。

在现有各种形式的模糊系统中, 以线形运动发生的切线数目最少。因而焦点平面影象的显示亦最差。这些原理在临床上是易于领会的, 例如在普通照片, 球管是在一个固定的位置, 物体的真实形态的显影是最不完全的, 如颅骨上的肿块, 在侧位上很明显, 而在正位上则不见或极不易见。

为了说明各种不同形式的模糊运动, 球管与物体的关系, 在线条图上仅取球形物体轮廓上的一个垂直面作为代表来分析。

线形模糊运动, 在中心轴所显示的物体边缘是由阴暗区 (A) 代表。当球管从 T_1 经 T_2 至 T_3 即留下一个弧形边缘连续的影象。这个影象是放大的而且是模糊的。因为任何一个边缘上的点的曝光都是不完全的, 实际上, 没有两个点是投照在胶上的同一点。在物

体的侧象，球管的扩散射线 (divergent rays) 投照在物体的同一边缘 (A)，结果是影象有锐利的边缘。因此，焦点平面的周围影象是不断变化的，从锐利至明显模糊的边缘。

椭圆形运动，从椭圆的长轴“看”物体的边缘，其影象不如从横轴“看”的清楚。在第一种情况（长轴），球管从椭圆的宽度角度投照，X线束的边缘接触集中在焦点平面之上或其下的一个较大的距离，从椭圆的横轴窄角度看，中心射线的边缘接触比较靠近焦点平面的中心，不清楚的区域较小，总的边缘影象如同在上面线形运动系统所叙述的情况，有不同程度的清楚度。

圆形运动。这个模糊运动的半径是不变的中心射线与球形物体的接触，发生在焦点平面之上或其下的距离，也是不变的，这个距离决定于球管角度的大小。如角度小，中心射线接触物体的边缘靠近焦点平面，不清楚的区域最小，边缘影象锐利。用大角度的运动，边缘接触能较大，不清楚的区域较宽，其影象不如小角度的锐利（半影）。

三叶形运动。在任何一个轴，球管“看”物体是从四个位置而不是四个来的。从三叶形的两个较大角度有两个接触，从较小角度也有两个。总的作用是减少了不清楚的区域，总果是影象较清楚。

三个螺旋运动，在物体边缘任何一点，在任何一个轴，都是从六个不同的位置“看”它。物体的边缘较锐利。

(二) 临床应用 (以胸部和头颅为例)

胸部体层摄影术 (附挂图)

现在逐渐明确从常规后前位和侧位胸部照片,不能希望可以确认所有存在的病变,即使照片质量最好,阅片者经验丰富或是专家。采用体层摄影则可以明显改进X线显象能力,特别是多向体层摄影术。因为物体影象以简化的形式展现在一系列的层面上。如果层面的厚度是1毫米,则它仅代表平均胸部厚度(前后经约20厘米)的 $1/200$,这样我们对情况的分辨过程就简化多了(一个200倍的因子)。

一、指 征

1. 常规胸部照片阴性,但临床有症状和明显咯血者。
2. 从平片上不能作出肯定的诊断,平片复查又可能延误时间者。

二、模糊运动的选择

有的作者 (Bloedner, 1964) 曾经对胸部直线形和椭圆形模糊运动进行了比较,主张采用后者。但它没有发现椭圆形对比其它更复杂的模糊运动,一样有效,有些作者 (Litteton 和 Winter, 1965) 对直线形(单向)和多向体层摄影(三叶形)作了对比,结论是在气管支气管体层摄影,直线形的模糊是不完全的,显象较差。有的 (Litteton) 认为复杂的多向运动是胸部

体层摄影不可少的。园形运动有两个缺点，一是容易形成假象，一是在物体的边缘，由于模糊运动的半径不变，使不清楚的区域增加；这些在前面均已提到。当前在临床上认为三个螺旋运动具有 54° 和 12° 之间的角度移位 (Angular displacement) 比其他现有的运动优越。

三、技术方面

1. 胸部一般探查

临床上需要显示两侧肺野者如疾病不明确，瘤转移的多少（定量），或进一步了解平片所见到的病变，则有必要通过整个胸部前后径的探查。

前后投照，中心射线指向胸骨切迹以下 $7.5 \sim 10\text{ cm}$ ，进行整个胸部检查包括肺尖和横膈。

(1) 初步探查的平面，在胸部正中冠状面摄取一张初步照片以保证检查中点适当，曝光条件正确。

(2) 体层间隔：用 1 cm 间隔进行胸部整个直径探查主要是，①后肋平面；②后肺门平面；③中肺门平面，可见到主支气管和血管纹理；④前胸平面。

2. 局部胸部病变：

凡是孤立的病变，可缩小光圈照片以便仔细分析病变表面的特点，密度的均匀性，有无空洞和钙化。如果检查很小的病变，要告

诉病人对每次曝光采取同样深度的呼吸，这一点很重要，同时用低KV (55~65KV)。

(1) 前后投照：最常用的位置是仰卧位。如果在常规侧位片见到病变则容易选择前后位切层的平面，摄取第一张探查片，然后在此平面之前2cm和其后2cm各增加一张。偶尔，病变仅见于后前位，其他位置均未见到，则可摄取前后探查体层片，间隔4cm，通过整个胸部直径，万一病变仍未见到，则首先充实间隔，采取2cm，然后1cm间隔的增量。不到0.3cm的病变，甚至在两个1cm之间，仍可以投下一些阴影。

病变一经定位，如其大小为2cm或小于2cm，则以2毫米增量切层，偶尔需要以1毫米增量通过小病变的中间带以便发现钙化，病变在2cm~4cm大小者，用3毫米间隔，4cm或大于4cm者，用5毫米或1cm增量。

(2) 侧位投照：在下述情况，侧位投照可有帮助，①对考虑手术的病变，探查前后胸壁有无侵犯；②勾勒靠近胸壁小病变的轮廓；③更好地了解病变的细节。

1) 初步探查的平面：用常规后前位片，测量从胸部侧壁至病变中心的距离，然后在此平面之上和其下2cm各加一张。

2) 间隔：小病变为2~3毫米间隔，较大的病变为0.5~1cm间隔。

3. 支气管

咯血和或阻塞性病变可疑都是支气管体层摄影常有的指征。平片上提示支气管疾病时，则需要主支气管和次级支气管一系列体层摄影。

(1) 前后投照，

1) 中心线在胸骨切迹下7.5厘米。

2) 初步探查的平面：胸部前后径为14~19cm者，初步探查片在中部冠状面摄取，然后在此平面之前1cm和2cm各一张。胸部前后径在20~25厘米者，除在中部冠状面摄取一张外，还在此平面之前后1cm各摄取1张，胸部前后径大于25厘米者，在中部冠状面摄取1张，并在此平面之前后2cm各摄取1张。

3) 间隔：常规探查一系列照片为2cm间隔，应包括气管远侧段，左右两侧主支气管、隆突，全部次级支气管和部分三级支气管。通常2~3cm厚度足以包括所有支气管。如果是一个肺内大的病变，要求了解有无支气管侵犯时，在一系列支气管照片完成以后继续以1cm的间隔通过整个病变进行摄影。

为了检查肺门淋巴结增大，常规以3或5毫米间隔通过肺门的深度摄取一系列照片，以便确定侵犯的范围。

(2) 侧位和斜位投照，

1) 初步探查的平面：从正中矢状面向病侧旁开2cm，4cm

和6 cm摄取初步探查片。

2) 间隔：在初步探查片的基础上，有针对性的以0.5或1 cm的间隔进行断层。为了检查某些特殊的支气管的细节，选择的间隔为1~2毫米。

附表如后：

前后投照未很好显示的特殊支气管	可采用如下的投照方 法
右上叶前支 右中叶	右后斜55°
舌支 左上叶前段	左后斜45°
右下叶背段 右下叶内基底段 左下叶背段 左下叶前内基底	侧 位

纵隔障：

怀疑纵隔障肿块或周围病变侵犯纵隔障时，纵隔障前后径的体层可有帮助。

(1) 胶片10"×12"直放

(2) 前后投照，中心射线在胸骨切迹下5 cm。