

文章编号: 1004-4140 (2008) 01-0021-06

# 多层螺旋 CT 螺距、层厚和重建间隔 关系及对图像质量影响

周泽俊, 胡永胜, 高斌, 巢惠民

(合肥市第一人民医院 CT 室, 合肥 230061)

**摘要:** 多层螺旋 CT 问世大大提高了扫描速度, 一次扫描能同时获得多个层面的图像, 并且有足够的信息量进行图像后处理, 但扫描参数的正确选择至关重要。本文就多层螺旋 CT 的扫描及重建参数螺距、层厚及重建间隔及对图像的质量影响进行阐述。

**关键词:** 螺距; 层厚; 重建间隔

**中图分类号:** TP 391.41

**文献标识码:** A

多层螺旋 CT 的问世与发展, 是 CT 发展史上的又一次革命。首先, 快速扫描成为现实, 球管旋转一周的时间已经缩短到亚秒量级, 一次屏息可以完成整个躯干的薄层扫描; 第二, 图像后处理功能迅猛发展, 各种后处理软件不断完善, 使 CT 不再单单是横断图像, 各种三维后处理图像不仅能立体显示解剖与病变, 而且可以透明化处理或以仿真内窥镜方式观察。但是随着不同厂家技术发展的独立性越来越强, 许多相同或相似的概念却被赋予不同的内涵, 使得许多使用者陷入迷惘。由于一家医院很少应用不同厂家的多台机器, 而相互之间的交流往往多重视研究结果而忽视了这些基本概念, 许多人把螺旋 CT 中的螺距和重建间隔的关系混为一谈。笔者认为当前急需将多层螺旋 CT 中层厚和螺距的混乱的有关概念进行澄清和统一, 否则将会引发进一步的混乱, 以至影响科研的严谨性。

## 1 螺距的定义

螺旋 CT 的问世产生了一个新的概念, 即螺距 (Pitch, P)。对早期的单层螺旋, 各厂家对此定义是统一的, 即螺距 = 球管旋转 360 度进床距离 / 准直宽度。准直宽度的测量位置为机器虚拟旋转中心处。随着多层螺旋的发展, 各厂家开发的独立性越来越强, 互相之间的竞争产生了不合作, 应该统一的概念却各自有不同的解释。单层螺旋的准直宽度只产生一幅图像, 各厂家机器之间没有产生分歧的基础, 所以对准直宽度这个概念是统一的。多层 CT 的一个准直宽度包含了多个相邻的图像。不同厂家对上述公式中的“准直宽度”有不同的定义。如 MARCONI 等多层 CT 将整个准直宽度作为公式的分母, 而 GE 等则将每一层图像的准直宽度作为分母。由于基础定义的混乱, 造成了计算公式结果的混乱。前者无论是 4 层、8 层还是 16 层, 进床距离等于整个准直宽度时, 计算结果螺距均等于 1, 而后者则不断变化, 计算结果螺距分别等于 4、8 和 16。在多层 CT 开发之初, 这种不同给使用者带来了不同程度的困惑。如果我们对不同定义加以比较则发现, 对于 4 层螺旋来说, MARCONI

收稿日期: 2007-12-03。

等的螺距 1 等于 GE 等的螺距 4, 8 层螺旋 MARCONI 等的螺距 1 等于 GE 等的螺距 8, 16 层螺旋 MARCONI 等的螺距 1 等于 GE 等的螺距 16, 依次类推。搞清楚不同厂家之间不同的原因, 我们才能够理解这些混乱数据的规律。

对多层螺旋 CT 而言, 无论螺距的定义如何, 球管旋转一周, 进床距离等于总的准直宽度, 其含义就是两个相邻 X 线束之间首尾衔接, 既无 X 线的重叠, 也没有间隔, 相当于单层螺旋的螺距 1 的含义。进床距离如果大于总的准直宽度, 两束 X 线间存在间隔, 图像质量肯定下降, 不如进床距离等于或小于总准直宽度的图像。以每层的准直作为公式分母容易造成对图像质量的理解造成混乱。这给使用机器的技术人员和医生带来诸多不便, McCollough 和 Zink<sup>[1]</sup>指出, 以层厚作为螺距计算公式的分母是不合适的, 因为其改变了射线剂量, X 线束交迭之间的基本关系。以准直宽度 (X 线束宽度) 作为分母, 无论是几层 CT, 螺距 1 都表明扫描中 X 线束是首尾相连, 既无重叠也无间隔。小于 1, 说明 X 射线有重叠, 大于 1 则说明 X 射线有间隔, 图像质量要下降。Jay Cinnamon<sup>[2]</sup>建议用以 X 线束宽度为公式的分母, 但应加以注明。比如双螺旋的螺距 1 写为 Dual 1; 4 层螺旋的螺距 1 写为 Quad 1。认为这种写法便于读者理解, 也便于使用者了解图像质量。相同的扫描范围, 可以通过增大螺距来缩短扫描时间。例如, 同样扫描范围 150 mm, 10 mm 准直宽度。旋转一周 1 s, 当螺距为 1 时, 需要扫描 15 s, 螺距为 1.5 时, 则仅需 10 s 扫描时间。扫描参数中仅由螺距差异造成的螺距的增大使得同样扫描范围内的光子总量减少, 180 度内插法也减少了有效数据的使用量。这样就使得螺距大于 1 时, 量子噪声明显增加, 导致了图像质量的下降。但随着 CT 技术的发展, 尤其在 64 层以上多层螺旋 CT 机中, 螺距与剂量的关系已经与以前有了较大的不同, 因为各大公司正在积极采取一些新的技术, 如自动螺距控制、自动毫安控制, 使其无论采用大螺距还是小螺距, 其图像质量差异减小, 原因就是大螺距时, 自动增加毫安秒, 小螺距时, 自动降低毫安秒, 使得每个像素点上的光子量并无明显减少, 对图像质量影响并不明显, 不同的是扫描时间长短和球管负荷的大小。

## 2 准直宽度和有效层厚

在非螺旋 CT 扫描方式中, 并不需要特别指出每一次扫描所采用的层厚是准直层厚 (名义层厚) 还是实际层厚, 因为这时所得到的层厚就是准直器打开的宽度 (准直层厚), 也就是此时的层厚等于准直层厚, 两者在使用上和成像质量意义上没有任何差别。

自螺旋 CT 扫描方式出现以后, 这种定义层厚的方式悄悄地发生了变化。如单层螺旋 CT 扫描时, 采用准直器宽度 (准直层厚) 为 10 mm, 每次旋转检查床移动的距离也是 10 mm, 在回顾性图像重建中, 可以依旧采用 10 mm 的层间隔重建图像, 此时的图像层厚为 10 mm; 也可以采用 5 mm 甚至 2 mm 的层间隔重建图像, 这时图像的扫描层厚仍然可以设成 10 mm, 但它的重组后处理成像的特性有所改变 (优于等间隔重建)。

在多层螺旋扫描时, 情况则更有所不同, 因为同样的准直宽度 (射线束宽度) 可由 4 排甚至 16 排探测器接收, 此时, 相同厚度图像可由不同的薄层探测器图像组合得到。如同样 10 mm 的准直宽度, 可以由 4 个 2.5 mm 的探测器排接收, 那么每个层厚就是 2.5 mm; 如果由 16 个 0.625 mm 的探测器排接收, 那么层厚就变成了 0.625 mm。自螺旋 CT 扫描方式出现后 (特别是多层螺旋 CT), 层厚的使用方式和选择方式有了较大的变化, 如准直层厚可不等于实际图像所得的层厚。在多层螺旋机器中, 我们经常看到不容易理解的层厚标记,

例如, 四层螺旋最大探测器组合是 5 mm, 但是在层厚标记中却出现 6.5 mm 层厚的标记。这牵扯到螺旋 CT 中的一个新的概念: 有效层厚。在常规断层扫描中, 扫描时被扫描物体静止不移动, 5 mm 宽的 X 线束通过 5 mm 宽的人体, 实际层厚与准直宽度一致。螺旋扫描中, 在球管旋转的同时, 病人身体也在移动, X 线束通过人体时已经超过它的宽度。所以实际采集数据的层厚与准直宽度有一定差别。一般说来都大于准直宽度, 称之为有效层厚。有效层厚与螺距的大小和重建算法的不同有关, 通常, 螺距越大, 有效层厚就越厚, 360 度内插法图像较 180 度内插法有效层厚大。当螺距为 1 时, 5 mm 的准直宽度, 180 度内插法, 实际数据获得范围为 6.5 mm, 即有效层厚 6.5 mm。扫描时病人连续移动通过扫描架会导致图像在  $z$  轴(病人身体长轴)方向的变形。大多数螺旋 CT 机器在螺距大于 1 时自动采用 180 度内插法, 来纠正这种变形。这种方法的代价是噪声增加, 噪声增加的直接结果是软组织分辨率降低。但对 CT 值较大的组织, 分辨率影响不大(图 1 和图 2)。同样的准直宽度, 螺距越大, 有效层厚也越大, 这是因为病人通过扫描线越快的缘故。有些螺旋 CT 机器, 在准直 1 mm、2.5 mm 和 5.0 mm 的情况下, 但看到的是 1.2 mm、3.2 mm 和 6.5 mm 等不同层厚的标记, 代表的就是有效层厚。有的多层机器无有效层厚标记, 只标记准直宽度, 实际应用中要注意, 如果层厚标记与探测器组合尺寸吻合, 多半是准直标记; 如果层厚标记与探测器组合的尺寸不吻合, 多半是有效层厚的标记。

### 3 分清螺距与重建间隔的不同

在螺旋 CT 的应用中, 螺距和重建间隔常常被初学者混淆。一定要分清二者的不同, 才能灵活运用这两种参数提高图像质量。

当螺旋扫描的容积采样结束后, 二维图像可以从  $z$  向允许重建范围内的  $z$  轴上的任何一点开始重建, 而且数据可以反复使用, 相邻结果图像间的间隔可以调整。这样就出现了一个新的概念: 重建间隔。其定义是每两层重建图像之间的间隔。例如: 扫描范围为 100 mm, 准直宽度为 10 mm, 如果重建间隔为 10 mm, 将获得类似常规断层扫描的 10 幅图像, 如果重建间隔为 5 mm, 将获得 20 幅 10 mm 层厚图像, 产生数据交叉重叠的图像。同样扫描范围内, 重建间隔越小, 重建出的图像数量越多。当然每幅图像的重建时间一样, 重建间隔的增加势必增加整个图像重建的时间, 即总重建时间等于重建层数乘以每层重建时间。

理论上螺旋扫描后重建间隔可以任意设定。重建间隔是采集数据后的处理, 不会影响到扫描时间, 只会改变重建时间和重建图像帧数, 重建间隔的缩小意味着重建图像数量的增多和重建时间的延长。

常规断层也可以获得重叠图像, 但是需要减少层间距进行重叠扫描, 无疑增加了辐射量, 螺旋扫描的重建间隔减少并不增加额外的辐射量, 这是二者的主要区别之一。减小重建间隔的一个优势是降低部分容积效应的影响, 例如, 层厚 10 mm, 病灶直径也是 10 mm, 重建间隔等于层厚时, 一旦病灶正好落入两层之间, 要么病灶被遗漏, 要么病灶的显示密度不真实, 可能误诊或漏诊。缩小重建间隔则会避免这种机会的发生。缩小重建间隔的另一个优点是提高 MPR 及三维重建图像的质量, 如果重叠 30%~50%, 会明显改善 MPR 和三维重建图像如 MIP、SSD、VR、VE 的图像质量(图 3 和图 4), 当重叠超过 50% 后, 对三维后处理图像的质量不会进一步改善, 因此, 建议重建间隔最多不要超过重叠 50%, 否则只会增加图像数量和计算机及观察图像者的负担, 并无明显效益。但是现在各先进 CT, 好比 GE

VCT 和 Siemens 的 64 层 CT, 采用了先进的重建算法, GE 用共轭算法, Siemens 用 AMPR 算法, 使随着螺距增大, 层厚的膨胀不再明显, 即空间分辨率保持不变。

重建间隔与螺距的区别主要有几点: ①螺距是扫描参数, 只能在扫描前设定, 重建间隔是后处理参数, 可以在扫描前设定, 也可以在扫描后选择, 而且可以有多种选择重复重建图像。②重建间隔的缩小对单幅图像的成像质量提高有限, 但是可以减少部分容积效应的影响。螺距的增大, 所需数据范围在  $z$  方向的加长, 图像质量会降低 (通常病人的  $z$  向不同位置信息各异), 反之则会提高图像质量。③当层厚和扫描范围一定时, 增大螺距可以缩短扫描时间。当层厚和扫描时间固定后, 增大螺距可以延长扫描范围。而重建间隔的增加既不能变更扫描时间, 也无法改变扫描范围。④二者都会影响到三维重建图像的质量。螺距的改变通过影响轴位图像的质量间接影响后处理图像, 重建间隔的改变则是由于直接影响纵轴空间分辨率来影响后处理图像的质量。重建间隔其实就是成像间隔, 可以在螺旋扫描前或后设定。螺旋数据可以成像间隔为单位在一周内重建出一个或多个图像。重建间隔、螺距、层厚、每周成像数它们之间关系是:

$$\text{每周成像数} = (\text{螺距} \times \text{层厚}) / \text{成像间隔}$$

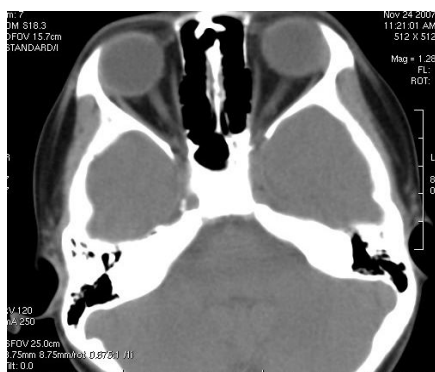


图 1

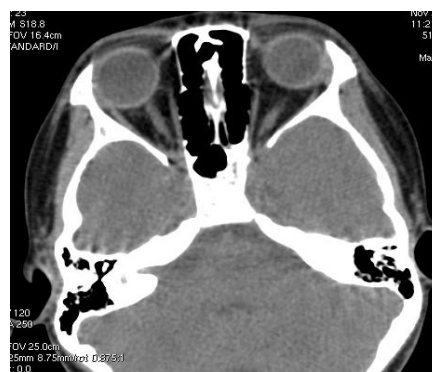


图 2

注: 图 1 和图 2 为相同螺距但层厚不同图像, 图 1 为 3.75 mm, 图 2 为 1.25 mm, 后者较前者分辨率明显高。



图 3



图 4

注: 图 3 重建间隔为 1.25 mm 3D 图像, 图 4 重建间隔为 0.625 mm 3D 图像。后者图像细腻光滑。

## 4 结束语

综上所述, 多层螺旋 CT 之螺距、层厚及重建间隔既相互独立又存在一定的关联。扫描参数选择不当或重建方式的固有缺陷可产生一系列伪影<sup>[3]</sup>, 如阶梯状、条形伪影, 影响图像质量。陈峰<sup>[4]</sup>等认为扫描层厚及螺距过大可造成噪声增加, 容积效应加大导致阶梯状、锯齿状及漂浮状伪影, 从而降低图像质量。

适当的重建间隔将改善 MPR 和三维重建图像如 MIP、SSD、VR、VE 的图像质量, 但过小并不能改善图像质量, 反而增加计算机的负担, 重建间隔的改变是由于直接影响纵轴部分容积效应来影响后处理图像的质量。周康荣<sup>[5]</sup>等建议遵照层厚优先的原则, 采用较薄的层厚和较大的螺距扫描, 重建间隔一般对横断图像质量无明显影响。同样的扫描范围, 如果强调图像质量, 必须降低螺距或减少准直宽度(即厚度), 以增加空间及密度分辨力, 但是这样必须增加扫描时间; 如果限定扫描范围和时间, 只有增大螺距或加厚准直才能完成, 但是这样就降低了空间和密度分辨力, 使图像质量下降。这是很难调和的矛盾。那么, 当扫描范围和扫描时间被限定以后, 螺距和准直的选择成为主要矛盾。

在需要进行图像三维后处理的时候, 选择大螺距、薄准直得到的结果优于小螺距、大准直。这是因为在图像重建时,  $z$  轴方向的空间分辨力是决定重建图像质量的主要因素, 而薄准直是  $z$  轴空间分辨力的主要保证。所以应当采用牺牲密度分辨力、保证空间分辨力的方法来提高重建图像的质量。

## 参考文献

- [1] McCollough G, Zink M W. Longitudinal resolution in volumetric X-ray CT analytic comparison between conventional and helical CT[J]. Med phys, 1994(2): 429-433.
- [2] Jay Cinnamon K, Aradate H. Algorithm for image reconstruction in multi-slice helical CT[J]. Med phys, 1998, 25(4): 550-561.
- [3] 刘景鑫, 杨海山. 螺旋 CT 图像噪声影响因素的实验分析[J]. 中华放射学杂志, 2000, 34(1): 9-11.
- [4] 陈峰, 郑凯尔, 刘万花. CT 仿真内窥镜成像质量分析[J]. 中华放射学杂志, 2000, 34(4): 765-768.
- [5] 周康荣. 螺旋 CT[M]. 1 版. 上海: 上海医科大学出版社, 1998: 258-294.

# Expounding the Pitch, Thickness, Reconstructing Space of Multislice CT and Influencing the Imaging Quality

ZHOU Ze-jun, HU Yong-seng, GAO Bin, CHAO Hui-ming

Department of CT, the First people's hospital of Hefei, Hefei 230061, China

**Abstract:** With multislice CT appearing, the scanning speed was improved enormously. The images of multislice can be acquired simultaneously by once-through scanning, and sufficient informations were postprocessed. It was

important that the scanning parameters were choosed rightly. The article expounds the pitch, thickness, reconstructing space of multislice CT, which influences the imaging quality .

**Key words:** pitch; thickness; reconstructing space

**作者简介:** 周泽俊 (1965—), 男, 2005 年昆明医学院硕士毕业, 合肥市第一人民医院主管技师、住院医师, 主要从事影像技术和诊断, Tel: 0551-2183145 或 4461410, E-mail: zzj6565@126.com。