

·论 著·

## 椎体小梁骨结构的 CT 定量分析

王鸣鹏 谭 军 吴威岚 张国桢 朱汉民

**摘要** 骨质疏松症是老年人的常见病之一,而骨质疏松性骨折的发生主要取决于骨量和骨的质量。本文采用高分辨率 CT 的椎体骨横断面成像,利用微机的图像分析系统,在 85 例病人中随机抽取了 27 例,从微观角度对小梁骨的结构、数量、大小等的一些变异因素进行分析,并初步研究了骨密度与骨小梁图像参数之间的关系。所有的病人根据年龄分成两组( $<50$  岁和  $\geq 50$  岁),结果显示,两组中表示骨质量的各项参数都有明显的差异,有意义的主要差异是小梁总数、小梁的直径和小梁的面积。小梁结构的初步统计学分析结果表明,骨质疏松性骨折的发生与松质骨结构的异常有关。

**关键词** 骨质疏松症 骨小梁 CT 图像分析

## Quantitative image analysis of vertebral body architecture

Wang Mingpeng, Tan Jun, Wu Weilan, Zhang Guozhen and Zhu Hanmin

Department of CT, Shanghai Huadong Hospital, Shanghai 200040, China

**Abstract** Osteoporosis is one of the most common disease among the old people; however, the fracture in patients with osteoporosis may have concern with the quantities and masses of bone. of 85 patients, 27 were analysed at random and examined by single-energy quantitative computed tomography (SEQCT) and by high-resolution computed tomography (HRCT) scans through the middle of lumbar vertebral bodies. Computer-assisted image analysis of the high resolution images assessed trabecular morphometry of the vertebral spongiosa texture. All patients were divided into two groups by ages ( $<50$  and  $\geq 50$ ). The results have showed that texture parameters differed in the two groups. Discriminating parameters were primarily the total number, diameter and surface area of trabeculae. The statistics of vertebral spongiosa texture suggest that the fractures of osteoporosis are related to abnormal spongiosal architecture.

**Key words** Osteoporosis Trabeculae CT Image analysis

骨质疏松症是老年人的常见病之一,而骨质疏松性骨折的发生主要取决于骨量和骨的质量。目前所采用的多种骨矿含量(BMC)方法仅反映了骨的数量而不能反映骨的质量。根据单能 CT 定量测定(SEQCT),骨密度(BMD)低于  $100\text{mg}$  (羟磷灰石)/ $\text{ml}$ ,有可能发生骨折,而 BMD 低于  $60\text{mg}/\text{ml}$  时就不可避免骨折的发生<sup>[1]</sup>。在临床上,我们发现某些患者的 BMD 虽低于  $60\text{mg}/\text{ml}$  但并未发生骨折(非外伤性所引

起的骨折),而发生骨折的患者其 BMD 不一定都低于上述阈值。因此,除了 BMC 之因素外,松质骨所构成的小梁结构的机械性能及其稳定性被认为是引发骨折的另一个潜在因素。鉴于上述观点,本文采用高分辨率 CT 的椎体骨横断面成像,利用微机的图像分析系统,从微观角度对小梁骨的结构、数量、大小等的一些变异因素进行分析,并初步研究了骨密度与骨小梁图像参数之间的关系,为进一步系统的小梁骨构筑

学图像分析系统的建立提供参考并打下基础。

## 1 材料与方法

**1.1 图像资料的获取:**自1995年5月~1996年2月间的85例患者中,随机选取27例被检查者,所选病例均无特殊的骨骼系统疾病和内分泌疾病。年龄范围19~84岁(平均48.5岁),性别为男性10例,女性17例,测试的结果按照年龄分成小于50岁组和大于50岁组两组。椎体骨折的确定根据定位片,椎体的前缘小于后缘的20%。所有被选病例均在骨密度扫描测试程序下,以80kV,250mAs,10mm层厚,作 $L_1 \sim L_5$  SEQCT的骨密度测量。测量体模为羟磷灰石固体体模<sup>[1]</sup>,测量结果换算成磷酸氢二钾换算值<sup>[2]</sup>,以便比较。扫描用设备 Somatan Plus (Siemens AG, Germany)。所有病例同时被作 $L_1$ 椎体的高分辨率CT扫描。扫描参数120kV,210mAs,1mm层厚(Siemens, Somatom Plus)。同时留存腰椎侧位定位片,以观察 $T_{11} \sim L_5$ 有无骨折存在。上述所有测试结果和图像资料均输入光盘存储,以便回顾性图像重建和查询。

**1.2 图像的重建:**以 $L_1$ 椎体上下终板为基准,计算椎体高度,选取椎体的正中横断面以及运动终板近3mm处,上中下共三个层面作图像分析用。所有进行处理的图像,根据小梁骨的平均CT值,采用该机的二值化处理功能,取阈值250HU,产生灰度图形,使灰阶图像转化为二值化图像。图像分析兴趣区以椎体中心旁开1cm,大小为4cm单位长度标尺,采用机内设定标尺(图1)。

**1.3 图像分析系统:**本研究主机采用 IBM486 微机,图像显示分辨率 $1024 \times 1024 \times 8\text{bit}$ ,1M帧存的动静态图形采集卡。图像的输入采用摄像方式,摄像头型号 MinTron 的 CCD-MTV-1881CB,分辨率为6425线,50场/秒。定量软件分析系统是同济大学的太阳图像分析系统 TJ-TY-300, V1.0 版本,该系统具有图像采集模块及图像统计模块,图形识别针对颗粒,并具手动、半自动以及全自动功能,本研究采用其全自动功能,以减少主观因素的干扰。

**1.4 图像分析:**该图像分析系统具有对颗粒的多种分析处理功能,具体包括兴趣区内:(1)小梁面积百分比(Reference Area, RA);(2)小梁颗粒数量(Total Number of Objects, TNO);(3)小梁颗粒平均面积(Mean Area, MA);(4)小梁颗粒平均周长(Mean Perimeter, MP);(5)小梁颗粒平均直径(Mean Diameter, MD);(6)小梁颗粒平均长轴(Mean Max-Axis, MMA);(7)小梁颗粒平均短轴(Mean Min-Axis, MNA);(8)小梁颗粒平均形状因子(Form-factor, FF);(9)小梁颗粒平均细长度(Thin-De, TD);(10)小梁颗粒平均凹凸度(Uneven-De, UD);(11)小梁颗粒平均圆度系数(Round-De, RD<sub>u</sub>)

经获取数据后,采用 SIGAPLOT 以及 SLIDE 统计学软件进行相关分析,由于资料数量关系,未进行显著性分析。

## 2 结果

### 2.1 年龄的变化对骨小梁形态学参数的影响

小梁骨结构计算机定量分析结果,根据年龄小于50岁组,大于50岁组,分项例出(表1)。随着年龄的增加,进入老年组以后,表示骨质量的各项参数,面积百分比、平均面积、平均周长、平均直径、平均长轴、平均短轴、平均细长度都有明显的降低,而小梁的总数则增加,有关形态变化的参数也增加。

表1 椎体三平面结构比较

| 部位    | 面积%  |       |      |       |       |
|-------|------|-------|------|-------|-------|
|       | RA   | MA    | TNO  | MD    | MP    |
| 椎体上平面 | 29.8 | 2.809 | 56.0 | 0.621 | 12.87 |
| 椎体中平面 | 28.0 | 2.605 | 54.0 | 0.642 | 8.25  |
| 椎体下平面 | 35.0 | 3.759 | 46.0 | 0.831 | 12.85 |

### 2.2 形态学的主要参数与 BMD 的关系

因骨密度的测定是以椎体中部为测量部位,故小梁骨结构的定量分析也参照以椎体中间层面的数据,结果测得兴趣区的小梁颗粒总数(TNO)与骨密度呈负相关( $r=0.4797$ ),平均周长(MP)正相关( $r=0.545$ ),平均直径(MD)正相关( $r=0.770$ ),平均面积正相关( $r=$

0.857)。

### 2.3 椎体上中下三个平面的比较

选取形态学的主要参数列表比较(表2)。结果得出椎体下平面的五个主要参数(RA、MA、TNO、MD、MP)最高;椎体正中平面五项参数为最低;椎体上平面的参数也相对较高。总体呈现两头高中间低的现象。

表2 年龄对参数的影响

| 项目        | <50岁  | ≥50岁  |
|-----------|-------|-------|
| 面积比(RA)   | 0.374 | 0.195 |
| 小梁总数(TNO) | 50.0  | 37.0  |
| 平均面积(MA)  | 4.127 | 1.224 |
| 平均周长(MP)  | 8.97  | 7.59  |
| 平均直径(MD)  | 0.769 | 0.526 |
| 平均长轴(MMA) | 1.229 | 0.793 |
| 平均短轴(MAN) | 0.665 | 0.424 |
| 平均形状(FF)  | 0.736 | 0.867 |
| 平均细长度(TD) | 0.431 | 0.389 |
| 平均凹凸度(CD) | 0.559 | 0.610 |
| 平均圆度(RD)  | 0.559 | 0.610 |

### 3 讨论

从构筑学角度研究骨的质量,并预测骨质疏松性骨折的发生,是90年代一个新的研究方向。在此之前一些学者已对此作了研究,所采用的方法如常规的腰椎X线摄影结合计算机图像分析<sup>[4]</sup>;修正的梯度回波序列磁共振矢状面、三维成像<sup>[5,6]</sup>。这些方法中,X线摄影由于体内其它物质的重叠影响无法避免,使其准确性受到一定的影响,而磁共振成像方法由于种种原因也未能广泛使用,最近几年,Micro CT和Promial CT的出现,虽然其对骨小梁的成像能力是值得肯定的,但至今仍无商品化的机型问世,而CT是目前世界范围广泛应用的高技术检查诊断仪器之一,由于CT出现的近20年中,无论从制造技术和性能方面都处于成熟期,加上CT机的高分辨率成像能力和诸多的计算机图像处理功能使目前对人体中微小结构成像和分析能力大大提高。我们在SEQCT测定BMD的方法中,由于有了系统化的BMD测量软件,从定位到兴趣区的确定都由计算机应用程序确

定,减少了手工操作定位等的误差,从而大大提高了BMD测量的精确性和重复性。

骨活检的研究表明,小梁骨的总数、大小、形态和连接性都与松质骨的网状结构稳定性有关<sup>[7]</sup>(Delling, 1989)。我们的研究结果也证实,随着年龄的增加,表示骨质量的各项参数如面积百分比、平均周长、平均直径、平均细长度等都有不同程度的降低,说明老年人总体骨质量下降,而小梁的总数却增加;这是由于小梁骨随年龄增加变得细小,失去连接性,从而使游离的小梁增加所致。从我们的观察结果得到,BMD的数值降低同时伴有骨结构总指数降低的病人,是骨折发生的高危对象。统计中两例骨折的患者,除了BMD降低外,其结构分析的总指数均明显降低。另外从椎体横断面的CT图像上我们还观察到,少数患者的骨小梁结构并没有规律的变细变小,与周围结构逐步失去连接性,而是部分小梁结构丧失,却在相应的某一区域或周边部分成团块状地集聚,使网状结构的小梁骨以支柱的形式,重新取得支撑力的平衡。这一类患者,尽管BMD数值降低,但其体现承重支撑能力的小梁结构指数并未明显下降。这是小梁结构分布的宏观意义上的重新分配和平衡。在椎体上中下三个层面的参数测量中,提示小梁颗粒测量总面积在椎体下平面最大,椎体上平面次之,椎体中平面最小。这一结果有一定的临床意义,并且也符合临床上椎体骨压缩性骨折的表现。小梁颗粒平均面积、等效圆直径以椎体下平面最大,提示此平面的连接性更佳,而小梁平均周长椎体中平面明显小于椎体上下层面,则此处骨小梁的形态规则,更接近圆形,而上下层面的骨小梁形态更不规则,更富于变化。

在与年龄的相关性分析中,BMD呈明显的负相关, $r$ 为0.741,小梁颗粒平均直径负相关, $r$ 为0.59,而与小梁颗粒数量呈正相关, $r$ 较小,为0.262。所有形态学数据中较有意义的是小梁的面积、颗粒的直径和小梁颗粒的总数。尽管我们采样的样本较小,但也提示了骨结构改变的一种趋势。在以受检者以50岁为界分组后的参

(下转第54页)

密切  $r=0.799$ , 在一定程度上 DXA 法可以代替 QCT 法<sup>[5]</sup>。

**3.2 关于椎骨增生对 DXA 骨密度测量的影响:** Masako 将腰椎骨突增生的严重性分为 4 度, 0 度无骨突, 1 度为小骨突, 2 度为大骨突, 3 度为大骨突有骨桥形成。且发现 1、2、3 度骨突的 BMD 分别增加 0.017、0.168 和 0.366g/cm<sup>2</sup>, 本组如不扣除骨突引起的 BMD 增加, 则和 QCT 之间比较诊断 OP 的  $\chi^2$  值为 3.25 (近于有显著性), 扣除骨突增生引起的 BMD 增加, 则  $\chi^2$  为 0.237。所以建议按 Masako 提出的骨突增生影响 BMD 的量, 扣除骨突增生后诊断结果更接近于 QCT<sup>[6]</sup>, 而 QCT 的花费多、时间长、电离辐射量大, 在临床应用中受到限制。

**3.3 sQCT 和 sDXA 法测量骨密度,** 如按峰值骨密度 M-2s 的正常值范围为标准, 诊断骨质疏松症患者的平均骨密度, 都低于骨折阈值, 以上的正常骨密度参考值和骨折阈值都暂用国外的资料<sup>[7]</sup>, 国内实际情况是否如此, 有待进一步

研究。

### 参考文献

- 1 Cameron JR, Seveson J. Measurement of bone mineral in vivo: an improved Method. Science, 1963, 88: 134.
- 2 Lang Philip, Peter Steiger, Kenneth Faulkner. K Osteoporosis current techniques and recent developments in quantitative bone densitometry. Radiologic Clinics of North America, 1991, 29(1): 49-75.
- 3 杨定焯, 张纪淮, 李秀钧, 等. 骨密度测量及临床应用. 第一版, 成都: 四川辞书出版社, 1992, (1): 3-30.
- 4 Greenfield M A J, Duncan Craven, Altan Huddleston. Measurement of the velocity ultrasound in human cortical bone in vivo. Radiology, 1981, 136: 701-710.
- 5 Masako Ito, Kuniaki Hayashi, Miho Yamada, et al. Relationship of osteophytes to bone mineral density and men. Radiology, 1993, 189: 497-502.
- 6 Stephan Grampp, Muckaer Jergas, Clause Gluer, et al. Radiologic diagnosis of osteoporosis. Radiologic clinics of North America, 1993, 31(5): 1133-1145.
- 7 Duquesnoy B. Evaluation by biphotonic absorptiometry of bone mineral content and determination of the fracture threshold in a population of patient from 60 to 75 years old. Rev Rhum Mal Osteoartic, 1987, 54(1): 23.