

QCT 与 pQCT 在骨质疏松诊断中的临床应用

贾军宏 刘忠厚审校

随着社会的老龄化,骨质疏松患者日益增多,由此导致的骨痛和病理性骨折严重影响着老年人的生活质量。因此,对骨质疏松的防治越来越受到重视,而选择易于普及、简便易行、高敏感度、高精度的检测手段对骨质疏松患者进行早期筛查已迫在眉睫。由于我国县以上医院 CT 机较为普及,故利用 CT 对骨密度(bone mineral density, BMD)进行定量测定可能具有广泛应用的潜力。20 世纪 90 年代以来,我国许多学者便对 QCT 及 pQCT 在骨质疏松诊断中的应用价值进行了研究。笔者将对有关文献进行复习,并对 QCT 与 pQCT 的特点、工作原理、方法、正常值范围及目前我国采用的骨质疏松诊断方法、各方法间优缺点的比较等问题进行综述。

一、什么是 QCT 和 pQCT?

QCT 和 pQCT 是 Quantitative computed tomography 和 Peripheral quantitative computed tomography 的缩写,即定量计算机断层扫描和外周骨定量计算机断层扫描。是利用 CT 对椎体 BMD 和外周骨 BMD 进行定量测定的技术。该技术有别于其他 BMD 测量的特点在于:(1)其测量的是三维空间的体积 BMD,而有些方法测定的是面积 BMD。真实 BMD 的概念是指矿物质在某一特定纯骨体积内的含量,或者可理解为 BMD 是指单位体积骨组织内矿物质的含量。所以该技术所测量的结果被认为代表的是真正的 BMD。(2)QCT 和 pQCT 可对皮质骨和松质骨分别进行测定。众所周知,椎体和某些外周骨主要由松质骨(小梁骨)构成,松质骨表面、体积比率高,代谢转换率是皮质骨的 8 倍,这种高转换率使其成为早期诊断骨量丢失的主要部位^[1],或者说该技术比其他方法对骨量的变化更为敏感。(3)避免组织结构的重叠。

二、QCT 与 pQCT 的工作原理

作者单位:100037 北京,解放军 304 医院干部病房(贾军宏);
中国老年学学会骨质疏松委员会(刘忠厚)

CT 测量 BMD 的原理是将一些化合物做成等效水和骨的标准体模,分别模仿人体的软组织及骨组织,与被试者同步扫描,利用二者 CT 值之间的对应关系,计算其 BMD 值^[2]。由于标准体模与被试者是在同一部 CT 机、同一条件下完成扫描的,有效减少了外界因素对测量结果的影响,如不同身材和构成(肌肉、脂肪和骨的比率)的病人对 X 射线的吸收程度不同,这就会造成射线能量组成的变化,即射线散射效应。采用与骨组织等效的体模和病人同步扫描,就可以校正这些差异和其他未知的影响,提高准确度。此外,CT 机本身技术参数的长期和短期变化也可得以修正,这种体模同时也为骨定量测定提供了恒定的参照标准。目前很多型 CT 机自带标准体模和 BMD 测定软件。若无体模和软件者可自制^[3]:将聚乙二醇塑料内添加碳酸钙和氧化镁混合加工成 30 cm × 4.5 cm × 2.5 cm 的模型,其 X 线衰减系数相当于水,为水当量模型。再将上述原料中加入浓度为 200 mg/cm³ 羟基磷灰石, X 线衰减系数相当于骨,为骨当量模型。将二者粘合在一起,即成为 30 cm × 9 cm × 2.5 cm 固体标准模型。BMD 的计算可按下述公式^[4]: $BMD = Ck \times (Hb - Hw) / Hk - Hw$ 其中 Ck 为标准体模中羟基磷灰石浓度, Hb 为被测骨 CT 值, Hk 为骨体模 CT 值, Hw 为水体模 CT 值。

pQCT 较 QCT 又有所发展,它改用了一种特殊的扫描器,其内装有一个能大量过滤 X 线的 X 线管,使低能量放射线量减少。此外,它备有与肢体外形相似的测量模具,加之放射线数字化影像和累加测量技术,使 pQCT 的测量具有很高的可重复性^[5]。

三、测定方法

受试者取仰卧位于检查台上,双膝屈曲,使腰椎曲度消失。将标准体模与人体长轴平行垫于腰下,中心与第 3 腰椎对准,用定位线分别穿过第 2~4 腰椎中间层面与椎体上下缘平行扫描。选出椎体的中间层,用尽量大的方形感兴趣区(ROI)测量椎体松质骨的 CT 值。注意不要包括骨皮质和椎后静脉入

口处的骨小梁缺少区。原则以 L₃ 作为测定部位, 若其有变形或骨密度剧变, 则以 L₂ 或 L₄ 为替代测定部位。常用层厚 0.5 ~ 1 cm, 扫描电压 80 ~ 133 kV。但有学者认为, 在不同电压条件下, 脂肪对 BMD 测量的影响不同, 在较低能量扫描时脂肪对 BMD 测量的影响较小, 其测量值与实际值更接近^[2]。

QCT 扫描过程可以在 10 min 内完成, 检查仅需要一个侧位腰椎定位图像和 3 个低剂量的 CT 层面, 若用软件进行图像结果分析并生成诊断报告, 在检查过程中并不需要专业的放射人员在场。这样 BMD 检查就可以在任何时间进行, 也可以与日常的 CT 扫描同时进行, 这样可使 CT 机得到充分的利用。

四、健康人群 QCT 骨密度参考值分布

目前报道的几组按年龄性别分组的正常人群 QCT 骨密度值测定结果, 见表 1 ~ 4。

表 1 445 例正常人腰椎骨密度 QCT 测定结果 (mg/cm³)

年龄组	男性		女性	
	n	$\bar{x} \pm s$	n	$\bar{x} \pm s$
10 ~ 19	23	185.1 ± 34.0	15	200.2 ± 33.8
20 ~ 29	21	174.1 ± 32.3	44	187.0 ± 29.1
30 ~ 39	28	155.3 ± 24.7	38	175.6 ± 21.9
40 ~ 49	28	148.5 ± 26.1	46	154.0 ± 27.1
50 ~ 59	33	129.0 ± 23.9	51	116.7 ± 26.6
60 ~ 69	27	107.9 ± 30.1	36	92.9 ± 29.3
70 ~ 79	29	104.3 ± 33.2	24	69.8 ± 20.1
80 ~ 89	1	103.1	1	50.7

注: 北京协和医院秦明伟等^[6]。CT 机为德国 Siemens Somatom DR₃ 型。仪器精度 1.74%

表 2 323 例正常人腰椎骨密度 QCT 测定结果 (mg/cm³)

年龄组	男性		女性	
	n	$\bar{x} \pm s$	n	$\bar{x} \pm s$
20 ~ 29	21	198.42 ± 18.71	20	188.88 ± 23.27
30 ~ 39	34	172.03 ± 27.24	45	183.72 ± 30.87
40 ~ 49	42	160.21 ± 28.11	46	167.28 ± 34.11
50 ~ 59	31	126.47 ± 38.58	33	120.21 ± 37.40
60 ~ 69	19	124.83 ± 30.46	32	96.19 ± 32.27

注: 长春白求恩医科大学第三临床学院放射科张光等^[7]。CT 机为日本岛津 SCT-5000 型, 仪器精度 0.1% ~ 1.1%

表 3 100 例正常人腰椎骨密度 QCT 测定结果 (mg/cm³)

年龄组	男性			女性		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
21 ~ 30	188.9	163.8	170.0	204.1	164.2	180.6
31 ~ 40	187.5	160.7	169.7	197.7	131.2	167.5
41 ~ 50	178.8	144.6	155.4	171.3	120.6	128.5
51 ~ 60	157.3	108.7	136.6	144.1	100.4	123.1
61 ~ 69	135.0	78.8	111.2	121.5	56.6	81.4

注: 辽宁沈阳军区总医院董莘等^[2], CT 机为 PHILIPS AVEIC 型

表 4 219 例正常人腰椎骨密度 QCT 测定结果 (mg/cm³)

年龄组	男性		女性	
	n	$\bar{x} \pm s$	n	$\bar{x} \pm s$
中青年组 (< 45)	97	148.3 ± 30.4	111	165.3 ± 27.4
老年前期组 (45 ~ 59)	50	134.9 ± 28.5	50	116.4 ± 32.0
老年组 (≥ 60)	61	92.6 ± 30.6	58	82.3 ± 43.3

注: 济南军区总医院肖越勇等^[8], CT 机为 Siemens HIQ 型

可能由于我国 pQCT 的应用尚在起步, 目前尚未发现有关国人 pQCT 正常值的报道。

从以上几组 QCT 腰椎 BMD 的数据分析, 可以看出 QCT 的 BMD 值较目前普遍应用的双能 X 线吸收法 (DEXA) 的 BMD 值有较大差异。(1) BMD 值 QCT 法明显低于 DEXA 法, 这是因为 QCT 测定的是松质骨的 BMD, 而 DEXA 测定的 BMD 是松质骨与皮质骨的总和。(2) DEXA 的 BMD 值性别间差异较大, 各年龄组男性 BMD 普遍高于女性, 而 QCT 的 BMD 值性别间在更年期前无明显差异, 有的甚至女性高于男性, 尽管未达显著性差异, 但可说女性的 BMD 并不比男性低。(3) DEXA 的 BMD 年龄分布类似一条正弦曲线, 似乎在 30 岁左右是 BMD 的高峰期, 即所谓“峰值 BMD”, 而 QCT 的 BMD 峰值期总是出现在未成年组, 并随着年龄逐渐下降, 呈现一条下斜型曲线, 提示体积骨密度骨量的积累在青春期即已完成。这后两点差别的原因可能是由于 DEXA 测定的是面积 BMD, 而 QCT 测定的是体积 BMD 所致, 关于这一点, 在后面还要讨论。

五、QCT 与 pQCT 对骨质疏松的诊断及对骨折的预测价值

理论上分析, 由于 QCT 和 pQCT 可对骨转换率较高、代谢反应敏感的松质骨单独进行测定, 且测定的是体积 BMD, 所以应比其他骨量测量方法的敏感性、准确性更高。有几组研究印证了这一点。胡棠等^[9]应用 DEXA 和 pQCT 检测方法探讨 40 ~ 65 岁女性 Colles' 骨折与骨质密度的关系, 采用被检者 BMD 值与同年龄同性别者 BMD 均值比较法 (Z-score), 用 DEXA 测出“轻创伤性骨折”组中 BMD < 2.5SD 者只占 12.5% (脊椎) 和 4.2% (股骨颈), 然而用 pQCT 可检测出 41.2% (桡骨远端) 和 20.8% (胫骨远端), 从而增加了检测的敏感性。即用 pQCT 测定桡骨远端松质骨的骨体密度更能有效的检测到早期骨质丢失和药物对骨质疏松症的治疗效果。Heuck 等^[10]用 X 线、QCT、DEXA、SPA 4 种方法测量 BMD 并进行比较, 共 68 例绝经以后的妇女, 先用 X 线分为有楔形畸形 (20% ~ 25% 的楔形变) 及有压缩骨折 (> 25%

的楔形变)两组, SPA 法测量该两组 BMD 没有显著性差别, 腰椎正位的 QCT 和 DEXA 测量的 BMD 的均值两组差异有显著性, 但 DEXA 法两组 BMD 重叠更多。骨折组和非骨折组相比 BMD 均值减少, QCT 减少 20% ($P = 0.003$), DXA 减少 11% ($P = 0.002$), SPA 减少 6% P 值无显著性。QCT、DEXA 和 SPA 的敏感性以 T-Score(被检者 BMD 值与年轻成人 BMD 均值即与骨峰值比较)表示, 分别为 3.15 ($P = 0.001$), 2.54 ($P = 0.006$), 1.37 ($P = -0.05$), 所以 QCT 的敏感性较 DEXA 高。

那么如何用 QCT 或 pQCT 的测定值对骨质疏松进行诊断呢? 张光等^[7]比较了 Z-score 法、T-score 法及骨量截断值法对骨质疏松诊断的百分比, 发现若用 Z-score 法, 即以同年龄同性别组的 BMD $\bar{x} \pm 2SD$ 为正常值, 那么在老年组即使 BMD 低达 32 mg/cm^3 , 仍不能诊断骨质疏松, 提示此法敏感性差, 漏诊率高。若用 T-score 法, 即以年轻组(骨峰值)的 BMD 均值 $\pm 2SD$ 为正常值, 则男性 30 ~ 39 岁年龄组有 38.8%; 50 ~ 59 岁年龄组男性约 93.5%、女性约 81.1% 的个体将被诊为骨质疏松, 似乎又有扩大诊断之嫌。而用骨量截断值法诊断骨质疏松的比例与一些骨质疏松患病率的调查较为接近。此方法为一些欧美学者所建议, 即以健康年轻人 BMD 均值以下 2.5SD 作为骨量截断值, 低于此值即为骨质疏松。根据张光等测定的这组数据, 男性骨截断值为 113.75 mg/cm^3 , 女性为 113.67 mg/cm^3 , 接近国内外研究的骨质疏松骨折阈值 $95 \sim 105 \text{ mg/cm}^3$ 。所谓骨折阈值(Fracture threshold)即当骨矿成份减少至骨的承受能力达到极限, 轻微受力即可造成骨折时的 BMD 值。吴春营等^[11]对 43 例内分泌代谢疾病骨质疏松的患者进行了 QCT 骨折阈值 BMD 的研究, 他们认为, 若以 105 mg/cm^3 为骨折阈值, 虽然敏感性较高, 但特异性和准确性相对偏低, 而选用 95 mg/cm^3 作为骨折阈值, 尽管敏感性有所减低, 但特异性和准确性明显提高, 三个指标均达到 85% ~ 87%。但有关诊断标准和骨折阈值方面的研究还比较少, 仍需更多的资料验证。

六、骨质疏松诊断方法的运用及比较

近 10 余年来我国在检测骨矿含量方法上取得了很大进步, 能够相当精确和准确地测量中轴骨、周围骨和全身骨的骨量和密度的变化。主要有以下 5 种方法: ① X 线摄片测量法(RG); ② 单光子吸收测量法(SPA); ③ 双能 X 线吸收测量法(DEXA); ④ 定量超声测量法(QUS); ⑤ 定量 CT(QCT)测量法。RG

法是在 X 线摄片上肉眼观察 BMD 和软组织密度的视觉差异, 骨小梁的形态结构特点及皮质骨的大致厚度为放射科大夫读片衡量 BMD 的常用方法。这一方法虽简单易行, 但敏感度和重复性不佳, 骨量丢失 30% ~ 50% 才能辨别 BMD 减低^[12]。20 世纪 80 年代中期我国单光子 BMD 仪(SPA)在成都研制成功, 是基层应用最多的 BMD 仪, 可对 BMD 进行定量测定, 它的问世, 完成了对 BMD 从定性分析到定量分析的转化, 但只能测量外周骨如桡骨的 BMD, 而 DEXA 既可测外周骨也能测中轴骨, 但这两种方法不能区分皮质骨和松质骨, 并易受骨质增生、软组织钙化的影响。QUS 法只能对跟骨和手指进行测定, 其依靠宽带超声衰减和超声速度两个指标完成。它可以任意搬到流行病学调查现场, 无 X 线损伤, 花费少, 有某种骨结构信息。评定老年女性骨折风险度时, 它几乎和 DEXA 一样好。提到 DEXA, 自 1990 年北京引进了第一台 DEXA BMD 仪以来, 由于它的高精确度、高准确度、无创伤、快速, 既可对全身又可对局部 BMD 进行定量测定, 是近年来发展最快的一种 BMD 测量方法。直到 2000 年国际上仍把 DEXA 法的测定值作为骨质疏松诊断的金标准^[13]。可以说在现代骨质疏松的研究史中, DEXA 法的建立和发展及其在临床上的广泛应用, 为骨质疏松的诊断、流行病学、发病机理以及预防和治疗作出了划时代的贡献。然而, 它也有不完善的地方, 主要表现在两个方面, 其一它不能区分松质骨和密质骨, 骨质增生、局部软组织钙化等均会影响测定结果。其二 DEXA 所测定的骨矿含量是以面积 BMD(arealBMD, g/cm^2) 为单位的, 所谓面积 BMD 的概念是指测量部位的骨矿含量(如完整椎体)除以扫描区域矢状面的面积(高度和横断面直径的乘积)。由于该项技术是一种二维空间的测量方法, 骨骼的厚度(后前位直径)无法得到校正, 因此采用面积 BMD 这一指标可能会对结果的解释出现偏差。较大的骨骼通常会报告为具有高的面积 BMD, 其实体积 BMD 则可能不变或降低, 同样, 较小的骨骼可能会被报告为具有较低的面积 BMD, 而体积 BMD 则不变(见图 1)。因此, 也使我们形成了一些错误的概念, 例如: ①“在生长期, BMD(arealBMD)随年龄增长而增加”。真实的情况是, 骨量的增加是由于骨尺寸的增加, 而骨的材料特性也即骨的真实密度是没有变化的。②“骨量峰值男性高于女性是由于男性具有较高的 BMD”。同理, 男性骨量高于女性也是由于男性具有较大的骨骼, 而男性和女性的体积 BMD 是相同的^[14]。这两

点已被 QCT 的结果证实。

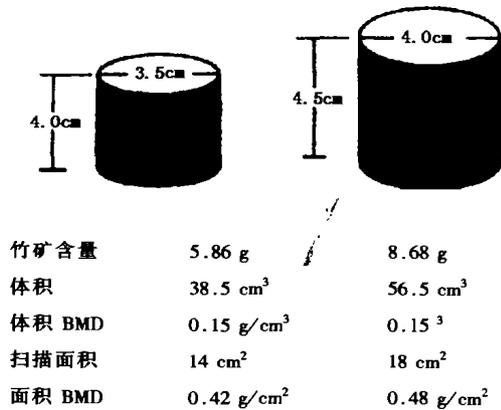


图1 不同体积而体积 BMD 相同的圆柱体

图1为两个不同体积但体积 BMD 相同的圆柱体,面积 BMD 等于骨矿含量除以扫描面积,由于圆柱体的厚度没有得到校正,因此,见 Carter 等的报道^[15]体积大的圆柱体的面积 BMD 明显高于体积较小的圆柱体(14%)。

此外,从经济学的角度比较,由于现在已有标准化的体模和可以应用于任何 CT 机的 BMD 测试软件出售,这种投资对已有 CT 机的医院来说要比进一台 DEXA 经济得多。

七、QCT 与 pQCT 精确性的应用

QCT 与 pQCT 测定依靠多层面的综合,测定的是真正的容积 BMD。对于许多治疗方法的疗效反应,主要在于观察小梁骨,而不是皮质骨。因此, QCT 适合监测疗效。但我们应该知道,任何仪器的定量技术,即使严格按照规程操作,也不能达到完美的重复性^[16]。重复性又称精确性、精密度、重复精度,它决定着最小显著性变化值和随访需要的至少时间间隔。如果仪器的精确性未知,就不能确定任何水平的统计可信度最小显著性变化值,而使随访研究的结果难以解释。所以在群体纵向观察的前瞻性研究中和重复测量同一个体的 BMD 比较研究时,精确度具有重要的意义。当重复测量同一个体的 BMD 判断治疗效果时,若仪器的精确度为 1%,取 95% 的可信区间(或 5% 的显著性水平),该病人的 BMD 变化超过 ± 2.8% 以上才有意义,否则变化在 ± 2.8% 以内应属仪器本身误差所致,不能判断有效或无效。这个 BMD 有意义的变化值,可以由以下的公式得到: $V = t_{0.05}(5-1) \times CV \times X$ 式中 t 为 t 检验的 t 值, 0.05 是显著性水平,在这种情况下定为 0.05 或 0.1 均可用,用 0.05 则取测量数据的 95% 的可信区间,若用 0.1 则取 90% 的可信区间, CV 是仪器的精确

度, 5-1 是自由度,查 t 值表 $t_{0.05}(4) = 2.776$,代入上式 $V = 2.776 \times CV \times X$,如 $CV = 0.01$ $V = 2.776 \times 0.01 \times X = 0.028 \times X$ 。 X 为 BMD 基线值。其意义为取测量数据的 95% 的可信区间,当 BMD 仪的精确度为 1% 时,同一病人前后两次 BMD 测量值相比,有临床意义的最小 BMD 变化需 $> \pm 2.8\%$ 。如采取 90% 的可信区间,仪器精度不变,则有临床意义的最小 BMD 变化为 $> \pm 2.0\%$ 。有研究证实,绝经后每年骨丢失约 3%。这样,1 年内的骨量丢失能用精确度误差为 1% 仪器测量出来,精确度误差更大的仪器则测不出来。据报道, pQCT 的精确性在 1% 以下, QCT 的精确性在 1% ~ 4%。所以若用 QCT 作药效观察,当 CT 机的精确性为 4% 时,结果变化需 $> 11.1\%$ (2.776×4) 才有意义。

此外,仪器精确性还可用于骨质疏松药物试验中观察例数的推算,以设计出可达到显著结果的最小样本数。如设需要 n 例进入观察,用下式可以求得, α 一般取 0.05 的显著性水平,自由度用 ∞ (无穷大),查 t 值表 $t_{0.05}(\infty) = 1.96$; $t\beta$ 为把握度,一般取 0.2 的显著性水平,即 80% 的把握度,自由度用 ∞ ,查表 $t_{0.2}(\infty) = 1.282$; SD (标准差) = $CV \times X$, CV 为仪器精确度,若为 1%; 设要发现 BMD 增高 0.5% 的变化,则 $\delta = 0.5\% \times X$, X 为 BMD 基线值,代入下式:

$$N = \left[\frac{(t\alpha + t\beta) \times SD}{\delta} \right]^2$$

$$N = \left[\frac{(1.96 + 1.282) \times 0.01 \times X}{0.5\% \times X} \right]^2 = 42$$

含义在 0.05 的显著性水平上,按 80% 的把握度,用 1% 精确度的 BMD 仪,抗骨质疏松治疗后,要发现 BMD 增高 0.5% 的变化,需要有 42 例投入观察组试验^[17]。

八、QCT 的放射剂量

QCT BMD 测量是一种低放射剂量的检查方式,它只需 3 个 CT 层面和一个侧向数字定位图像。有效剂量低于 1 次腹部摄片及自然界中每年的背景剂量,只相当于 1 次常规乳房 X 光摄片。相比之下,采用正位 DEXA 做 BMD 检测,经常要对腰椎进行侧面 X 光摄片以检查骨折情况,此时患者要暴露在 701 μSv 放射剂量下,而 QCT 只有 60 μSv ,人体每年所受自然辐射的剂量为 2400 μSv 。所以 QCT 检查是很安全的。

九、QCT 与 pQCT 的应用展望

随着我国医药卫生事业的发展及医疗器械的不断更新,CT 机的应用越来越普及,精度更高的新生

代 CT 不断被引进,为骨质疏松的临床和研究又提供了一种更好的手段。QCT 对骨密度变化的敏感性、测定的精确性、检查过程的快捷性、方便性、放射剂量的安全性、投资的经济性等诸多优点,使其具有广泛的临床应用前景和潜力,值得加速发展。但仍大量工作需要,如对校准系统和配备的软件标准化,标准体模统一化,制定统一的诊断标准以实现横向研究等。而 pQCT 尽管精确性较 QCT 更高,放射剂量更小,但机器功能的单一性(只能测定 BMD),限制了它的广泛应用。

参 考 文 献

- 1 褚保成,江志勇. 定量 CT 在骨质疏松诊断中的应用. 中华外科杂志,1992,30(8):467-469.
- 2 董莘,侯阳,胡连源,等. 骨密度 CT 测量. 现代康复,1999,3(12):1468-1469.
- 3 张光,孙晶,韩邕,等. 正常人群骨矿含量的定量 CT 测量和研究. 中国医学影像技术,1998,14(6):402-404.
- 4 韩邕,王桂芝,张光,等. CT 对去势兔骨密度观察. 中国骨质疏松杂志,2000,6(3):35-36.
- 5 万圣祥,Steffen W, Lutz C. 外周骨定量 CT(pQCT) 诊断骨质疏松症价值的研究. 中国骨质疏松杂志,1998,4(3):1-4.
- 6 秦明伟,余卫,孟迅吾,等. 正常人腰椎骨密度变化-445 例 QCT 测量分析. 中国医学科学院学报,1996,18(6):439-443.
- 7 张光,韩邕,孙晶,等. 骨质疏松定量 CT 诊断标准的研究. 中国骨质疏松杂志,1998,4(3):20-23.
- 8 肖越勇,孙刚,华伯勋,等. 定量 CT 测量正常人椎骨骨密度的年龄变化对预测老年性骨质疏松骨折的价值. 中华老年学杂志,1995,15(4):201-205.
- 9 胡棠,熊良俭,秦岭,等. 应用 DEXA 和 QCT 检测方法探讨 40~65 岁女性 Colles' 骨折与骨密度的关系. 中国骨质疏松杂志,2000,6(2):35-42.
- 10 Heuck A, et al. Mild versus definite osteoporosis: comparison of bone-densitometry techniques using different statistical models. J Bone Miner Res, 1989,4:891-900.
- 11 吴春营,李景学,李皎,等. 定量 CT 测定活体骨矿含量的临床价值. 中华放射学杂志,1993,27:192-196.
- 12 蒋业斌,Genant HK. 骨矿和骨结构非侵入性检测进展. 中国骨质疏松杂志,2000,6(4):72-80.
- 13 金世鑫. 当前国际学术界对骨质疏松症的评论. 中国骨质疏松杂志,2001,7:182-184.
- 14 段云波. 骨量、骨大小、骨密度和骨结构. 中国骨质疏松杂志,2000,6(2):64-72.
- 15 Carter DR, Bouxsein ML, Marcus R. New approaches for interpreting-projected bone densitometry data. J Bone Miner Res, 1992,7:137-145.
- 16 周琦,程晓光,译. 骨密度测量中精密度的重要性. 中国骨质疏松杂志,2002,8:94-96.
- 17 杨定焯,安珍. 骨密度测量应用中的几个问题. 中国骨质疏松杂志,2000,6(1):14-18.