·综述·

骨质疏松症的放射学研究进展

何俊 史晓林 王定 李文庆 廉春光

中图分类号：R814.4 文献标识码：A 文章编号：1006-7108(2008)06-0433-03

摘要：骨质疏松症已经是一种全球性疾病，它主要发生于老年人和绝经后的妇女，对于它的诊断主要在影像学与生化检查方面。而其中放射学检查对于诊断骨质疏松是十分重要的。近年来骨质疏松的放射学诊断随着科学技术与计算机技术的高速发展，从早期X线到X线吸收法，从单排CT到256排CT、双源CT，从一维平面发展到三维立体。

关键词：骨质疏松；QCT；诊断；骨密度

Study on osteoporosis with radioactive methods *HE Jun, SHI Xiaolin, WANG Ding, et al. The Second Affiliated Hospital's Orthopedics of Zhejiang Chinese Medical University, Hangzhou* 310005, China

Abstract: The osteoporosis is already a kind of global disease, it mainly takes place in old people and postmenopause women. It can be diagnosed through iconography and the bio-chemical test. Iconography is very important to the diagnosis of osteoporosis. The iconography is developing at high speed along with the development of the computer technology. It evolves from single row CT to 256 rows CT and double source CT, from the X-ray of early, period to the X-ray absorptiometry of and from the one dimensional flat surface 3D stereoscopic.

Key words: Osteoporosis; QCT; Diagnosis; Bone mass density

骨质疏松症(osteoporosis)[1]是一种以骨矿含量降低和骨组织微结构破坏为特征、导致骨脆性增加、易发生骨折的全身性疾病，是机体自然衰退、老化过程的组成部分。骨质疏松症是老年患者致残和致死的一种常见疾病，其并发症包括骨折(常见的部位有脊椎骨、髋骨和前臂)、骨畸形和慢性疼痛。我国上海的调查结果表明：60岁以上的老年患骨质疏松者男性为14.6%，女性为61.8%，女性远远高于男性。其中女性骨折的发生率为19.6%。故早期发现骨质疏松的高危人群，并进行干预处理、防止骨质疏松症发生，从而预防骨折，是提高老年人群健康水平及生活质量，降低老年人死亡率的重要措施之一。

骨质疏松的临床诊断并不困难，WHO研究组于1994年[2]推荐以骨矿密度(bone mass density，BMD)作为骨质疏松的诊断标准，当骨量丢失1 SD标准差为正常；当丢失1～2.5 SD为骨量减少；丢失2.5 SD为骨质疏松；丢失2.5 SD并伴一处或多处骨折为严重骨质疏松。因此放射学方面对于骨质疏松的诊断显得非常重要。在放射学方面主要包括影像学诊断和骨密度诊断，影像诊断方法从最早的普通X线到与计算机紧密结合的CR、DR，从普通单排CT到256排CT、双源CT，从单一的一维画面到立体的三维图像；骨密度测定从SXA到QCT、pQCT。骨质疏松的放射学诊断发生了巨大的变化与进展。而以诊断学检查骨质疏松的目的主要体现在三个方面，包括测量骨矿含量(BMC)、骨矿密度(BMD)和显示骨骼在宏观或微观结构变化、发现宏观或微观骨折和预测骨折的风险方向具有重要的作用。

1 辐射法，包括普通的X线片法及基于计算机系统的CR、DR

X线片法主要是根据骨骼密度在X线片上的光密度差别(骨质疏松患者由于其骨量的减少、骨密度的下降所以在X线片上表现为光密度增加)，由于其只能观察不同部位骨骼的密度、形状、骨小梁数量及分布且它主要是医师根据照片的感光强度，主观判断骨骼是否存在骨质疏松情况，检查结果受人为因素和曝光条件等影响。而只有当骨量丢失至少达到30%～50%时X线才能看到脱钙观象。WHO(2001.4)对其评价是"对骨质疏松诊断无特异性，只能确定骨量减少"，目前X线在骨质疏松症中的诊

作者单位：310005 杭州，浙江中医药大学附属第二医院骨科
通讯作者：何俊，Email：hejun527@sohu.com

断价值,在于判断是否合并骨折。所以单纯普通的X线检查对早期诊断骨质疏松意义不大[3]。一般普通的X线法诊断骨质疏松均采用股骨上端骨小梁类型指数(Sinsh指数)[4]和跟骨骨小梁类型指数法及Barnett骨形态学测量法[5]。基中Singh指数法特异性强,重复性好,能够直接判断投照部位的骨折存在与否,还能判断是否伴有骨质增生及变形,并与其他骨病鉴别,如骨肿瘤、骨软化症等[6]。因此,X线片法仍为目前应用最广泛的诊断方法。

2 应用X线吸收法的X线骨密度仪和QCT、pQCT

2.1 X线骨密度仪应用X线吸收法,是基于X线在穿透骨组织时,X线由于骨骼中骨矿含量的不同产生不同吸收,使其强度有不同程度下降的原理,通过检测器检测穿透骨组织的X线强度,给出骨矿含量数值。它包括单能X线骨密度仪(SXA)、双能X线骨密度仪(DEXA)[7]两种。其中双能量X线吸收法(DEXA)测量是目前得到广泛使用的诊断骨质疏松的专用仪器。它用两种较低能量的X线作为照射源,可选择性测量身体各骨骼部位的BMD,也是利用射线通过骨骼时被骨矿物质吸收的原理,与已知密度的标准模型比较,可由计算机自动得到骨的密度。这种测量方法无创伤,辐射副作用小(受照剂量约是照片的几十分之一),测量精密度高,可以发现早期骨量丢失,是早期诊断骨质疏松的理想方法。但其价格昂贵、仪器体积庞大,操作不方便,可测对象有限,不适合老年骨质疏松的普查和防治。而单能X线骨密度仪(SXA)通常测量跟骨,机型小、轻便、价廉,更适于团检普查。合理应用不同骨密度测定方法,不仅能合理利用现有的医疗资源,提高骨质疏松的检出率,还能节省医疗费用。所以合理选择仪器是非常重要的。

2.2 现在使用最多的还是QCT法(即用CT机进行骨矿物质含量(BMC)的定量检查称为定量CT[8,9](quantitative computed tomography)即QCT技术,它的原理是由于骨内矿物质对X线的高衰减率,CT图像中骨组织的CT值较高,但不同的骨CT值是不同的,这种差异主要是由相同体积内骨组织内矿物质含量不同造成的。它按技术分类主要有单能量CT(Simgle-energy Quantitative Computed Tomography, SEQCT)、三维定量CT(Three Dimensions Quantitative Computed Tomography, 3DQCT)、周围型定量CT(peripheral Quantitative Computed Tomography, pQCT)[10]等不同类型。还有Micro-CT[11,12]。

2.2.1 单能量CT[13]是QCT中最常用的一种,这是采用一种球管电压进行测量,有较高的测量精度和准确性,测量方法简单方便,能够满足一般的测量需要。

2.2.2 三维定量CT能够获得一定体积内骨组织的密度信息,配合CT良好的空间分辨能力,能够看到更多的信息,但测量比较复杂,3D-QCT并可观察骨小梁数、骨小梁与皮质的厚度、骨小梁间距及骨内膜表面等微结构。但该仪器操作重复性较差,受检者接受的放射剂量较高;仪器价格较高,目前使用还不是非常广泛,但其有良好的应用前景。

2.2.3 pQCT测量的是三维体积骨密度且能分别测量松质骨密度和皮质骨密度,所以它能提供更高的空间分辨率,显示骨组织的细微结构,且有灵敏度高、准确性强、放射剂量小等优点。故目前发展迅速,但检查范围小(只用于四肢),功能单一(只用于骨骼测量),应用有一定的局限性[14]。

2.2.4 Micro-CT[15],它是随着CT与显微影像分析技术的不断发展而形成的,它的出现是原来通过单一或者多个显微图像层面计算获得2D影像,发展到可以获得3D影像[16]。计算骨骼的影像参数可以重建出骨的表面、内部以及整个骨的形态。而不同部位之间的参数比值是评估骨小梁密度的重要依据。随着Micro-CT应用于骨的研究以及其他许多领域,人们可以直接的获得没有损失的三维图像,这就给临床医生研究骨的细微结构提供了一个优秀的工具。可以无创的对骨的内部结构进行精确的分析。

3 三维有限元法

基于CT数据的三维有限元法[17,18]是现在最新和发展最快的一种方法,它不仅是一种对于骨质疏松的诊断方法而且它还能在计算机上对所取的模型进行各方面的分析,它是使用有限元分析软件将标本分成众多单元与结点,然后做成旋转观察模型形态,与标本解剖形态具有满意的相似性,可任意切割和调整几何及材料参数以模拟不同临床与实验状态,该模型可以用于进一步的生物力学分析。骨质疏松患者由于骨矿物质的丢失,所以在其所成的有限元图像上表现为单元与结点的缺失,这就可以直观的看出其骨量丢失的程度。这种方法用于骨质疏松的诊断稍显复杂,但用于研究标本几何形态及其内部的材料分布对于标本的应力分布、骨折发生机

制,特别是骨质疏松的结构性变化及其骨折机制研究具有十分重要的意义。有限元分析法可成为评价骨质疏松的骨"数量"和"质量"变化[29]的有效手段,将随着生物力学和工程学的发展而可能在对骨质疏松患者骨强度变化的临床检测中发挥重要作用。

4 光子吸收法

光子吸收法包括单光子吸收法(SPA[20])与双光子吸收法(DPA[21]),SPA是利用放射同位素产生的γ射线穿透人体组织时被吸收,使其强度下降的原理,由计算机计算被检测器测得的衰减强度,转换成骨矿含量。DPA是使有两种不同的放射性核素或发射两种不同能量射线的放射性核素作为放射源,利用其高能和低能射线通过被测部位的不同剂量分布曲线来校正软组织衰减,因而适用于软组织较厚或差异较大的部位如腰椎及股骨等。DPA的准确性及精确性均明显优于SPA,是一种较好的早期检测骨质疏松的工具同SYA一样,DPA仍存在射线的强度较低,检查时间较长,放射源亦需定期更换等缺点。由于它们使用的Gd发射的射线强度低、扫描时间长、图像不清晰,故已现在基本被DXA[6]所取代[22]。

5 MRI

虽然MRI在骨质疏松诊断方面应用的比较少。但其对伴有骨髓改变的骨质疏松性疾患且有独特的优势,这是以上检查方法所不能比拟的。

总之,虽然目前骨质疏松的放射学诊断应用的越来越多越来越广泛,但是在使用放射学诊断骨质疏松时,由于其检查方法和种类繁多,故应选用实用、合理有效的方法。因为不同检查方法在不同的检查目的上有着各自的优点,所以在初诊时期就应对各种影像学检查手段的优缺点进行充分的了解,从而扬长避短合理使用,以达到事半功倍的使用效果。

相信随着科学技术的不断发展,骨质疏松在放射学方向的发展也会越来越快,也会越来越准确,DEXA与QCT做为目前骨质疏松诊断主要手段也会进一步得到发展,而基于CT数据的有限元分析在骨质疏松的诊断和治疗方面直起到越来越重要的作用。

【参考文献】

[1] 刘忠厚,主编.骨质疏松学.北京:科学出版社,1998.

[2] Kanis JA, Melton LJ, Christiansen C, et al. The diagnosis. J Bone Miner Res, 1994, 9(8): 1137-1140.

[3] 郭世绂,张兆琪,邱敬清,等.老年性骨质疏松的诊断及脊柱压缩性骨折.中华骨科杂志,1993.

[4] Singh MJ. Bone Joint Surg(Am), 1970, 52: 457.

[5] Barnett E. Nordin BEC. Clin Radiol, 1960, 11: 166.

[6] 刘建立.骨质疏松的诊断.中国医刊,2003,38(9):7.

[7] Wahner HW, Dunn WL, Brown ML, et al. Comparison of dual energy X-Ray absorptiometry and dual photon absorptiometry for bone mineral of the lumbar spine. Mayo Clin Proc, 1988, 63: 1075-1084.

[8] 肖越勇,张金山,华伯勋,等.定量CT骨密度测量预测椎体压缩骨折的实验研究.中国医学影像技术,2002,18(2)625-627.

[9] 黄敬,王胜林,赵亮,等.应用QCT探索骨质疏松症诊断及分级诊断标准.中国骨质疏松杂志,2003,9(1):37-39.

[10] Neff M, Dambacher MA, Ruegsegger P, et al. *In vivo* 3D-evaluationofbone structure in the human forearm: a time saving and non invasiveprocedure. J Bone Miner Res, 2002, 17(Suppl): 232.

[11] Kim CH, Zhang H, Mikhail G, et al. Effects of Thresholding Techniques on muCT-Based Finite Element Models of Trabecular Bone. J Biomech Eng, 2007, 129(4): 481.

[12] Yee AJ, Akens M, Yang BL, et al. The effect of versican G3 domain on local breast cancer invasiveness and bony metastasis. Breast Cancer Res, 2007, 9(4): 47.

[13] 吴春营,邱明才,李景学,等.单能量CT测量人体骨矿含量的准确性.中华放射学杂志,1990,24(6):331-334.

[14] Guglielmi G, Cammisa M, De-Sario A, et al. Long-term *in vitro* precison of single slice perripheral Quantitative Computed Tomography (pQCT): multicenter comparison. Technol Health Care, 1997, 5(5): 375-381

[15] Furtado N, Oakland RJ, Wilcox RK, et al. A biomechanical investigation of vertebroplasty in osteoporotic compression fractures and in prophylactic vertebral reinforcement. Spine, 2007, 32(17): 480-487.

[16] Lane NE, Yao W, Kinney JH, et al. Both hPTH(1-34) and bFGF increase trabecular bone mass in osteopenic rars but they have different effects on trabecular bone architecture. J Bone Miner Res, 2003, 18(12): 2105-2115.

[17] Brekelmans WA, Poort HW, Sloof TJ, et al. Acta Orthop Scand, 1972, 43(5): 301-317.

[18] Rybicki EF, Simonen FH, Weiw EB Jr, et al. J Biomech, 1972, 5(2): 203-215.

[19] PENG Liang, BAI Jing, ZENG Xiaoli, et al. Comparison of isotropic and orthotropic materrial property assignments on femoral finite element models under two loading conditions. Med Eng Phys, 2006, 28(3): 227-233.

[20] Cameron JR. Measuement of bone minerl *in vivo*: improved method. Science, 1993, 142: 230.

[21] Reed JW. The assessment bone mineralization from the relative transmission of Am-241 and Cs-137 radiation. Phy Med. Biol, 1966, 11: 174-178.

[22] 刘忠厚,主编.骨矿与临床.北京:中国科学技术出版社,2006.

(收稿日期:2007-12-28)