·临床研究·

数字 X 线机骨密度测量的实验和临床应用

赵文俐 陈贤志 顾浩玉 王明月

中图分类号：R322 文献标识码：B 文章编号：1006-7108(2008)01-0044-03

摘要：目的 通过骨标本实验测量和临床测定，验证数字 X 线机骨密度测量系统的准确性和性能。**方法** 利用数字 X 线机及 XBMS 测量软件，采用标准体模，测定离体骨标本 20 个，测量了骨矿含量(面密度)，并与骨的单位面积重量，单位面积灰重相比较。采用同样技术测量正常体检对象的前臂远端骨矿含量，共 425 例(男 218 例，女 207 例)，进行了分年龄组统计，并找出男女骨峰值，初步制定了临床诊断标准。**结果** 离体骨骨矿含量与单位面积重量呈显著正相关，$r = 0.8713$，$P < 0.01$；与单位面积灰重呈显著正相关，$r = 0.9032$，$P < 0.01$。临床检查表明男女前臂远端骨矿含量峰值均在 30～39 岁组[男(1.039 ± 0.127) g/cm^2 女(0.848 ± 0.093) g/cm^2]，峰值以后随年龄逐渐降低。**结论** 实验和临床测定证实，数字 X 线机骨密度测量系统测量的骨矿含量与骨的单位面积重量和单位面积灰重具有良好的相关性。

关键词：骨矿含量；数字 X 线；计算机

Experimental and clinical application of DR bone mineral densitometry

ZHAO Wenli, CHEN Xianzhi, GU Haoyu, et al. CT Department of Shekou Peoples' Hospital, Shenzhen* 518067, China

Abstract: Objective To determine the accuracy and precision of X-ray Bone Mineral Measurement System (XBMS) by experiment and evaluate the performance by clinical application. **Method** the bone mineral content (BMC) of 20 bone samples *in vitro* were measured using DR and XBMS. Compare the BMC with bone area specific gravity and bone ash area specific gravity. Measuring the BMC of distal end of Radius and Ulna of 425 cases(218 male and 207 female). The means and standard deviations of BMC are calculated by age groups. The top value of BMC is obtained in men and women. The clinical diagnosis standard is established. **Result** The data of sample experiment shows that BMC is significantly positive correlated with bone ($r = 0.8713$, $P < 0.01$) and bone ash weight per area specific gravity ($r = 0.9032$, $P < 0.01$). The result of clinical examination shows that the BMC of distal end of Radius and Ulna decrease with growing age. The top value of BMC are at age group of 30～39 years[(1.039 ± 0.127) g/cm^2 in men; (0.848 ± 0.093) g/cm^2 in women]. **Conclusion** The experiment confirmed that the XBMS has good accuracy and precision. The technique is sensitive. The operation is simple. The method can be easily popularized.

Key words: Bone mineral content; Digital radiography; Computer

自从骨质疏松逐渐被人们认识，骨密度或骨矿含量就一直是诊断骨质疏松症的重要指标。因此骨密度测量技术也逐渐成为临床检查的重要手段。在各种骨密度测量技术中，基于 X 射线的技术被认为是准确性和精确度较好的技术。包括单双能 X 线骨密度仪[1,2]，测量前臂、手、跟骨及全身各个部位和不同扫描成像方式的 X 线骨密度仪等[3,4]。近年来随着 CR、DR 等数字 X 线机的发展，为随同 X 线机的骨密度测量系统的发展创造了条件。本研究课题开发的数字 X 线机骨密度测量系统(XBMS)采用标准铝楔和前臂的数字 X 线图像，标准的骨矿含量转换算法，利用计算机，简便、快捷地获得桡尺骨远端的骨矿含量，为临床提供了一项低成本、易用、易推广，极有前途的新技术。我们对该系统进行了实验测试和初步临床使用，获得了满意的结果。

1 材料和方法

1.1 标准体制作与测量

采用与骨矿物质性质接近的铝合金(LC3)做成

作者单位：518067 深圳，深圳市蛇口人民医院
通讯作者：赵文俐，Email：zwl_05@sohu.com

带槽的楔形标准体。槽形铝楔底部加一层有机玻璃模拟软组织，形状如图1。

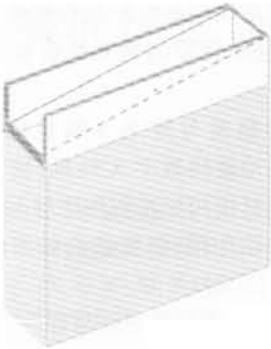

图1 标准铝楔

每次摄像时同时摆放标准铝楔，测量图像中同时显示出骨和标准铝楔(图2)。

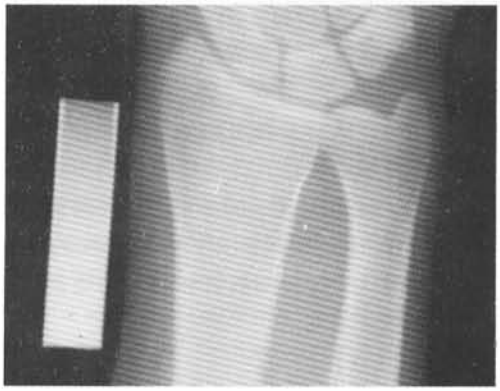

图2 数字X线骨矿含量测量图像

测量定标时，自动或手动勾画标准铝楔的梯形区域，计算沿梯形方向随铝楔厚度变化而变化的图像密度值，再根据实际的铝楔尺寸作出不同厚度与密度值的对应曲线。根据此对应关系转换计算骨测量区域的骨矿含量(骨等效铝密度)。

1.2 骨试验标本制作及测量

取人体桡骨远端骨标本20个。截取远端50 mm，同一条件下干燥后用0.001 mg精度天平称骨重[Bone Weight(BW, g)]。然后在数字X线机上与标准铝楔一起摄成数字X线片，条件采用与临床拍前臂相同的曝光条件：70 kV，200 mA，源靶距1 m。最后把骨标本放马弗炉内灰化。灰化条件800℃，30 min，灰化后用0.001 mg精度天平称出骨灰重[Bone Ash(BA, g)]。

实验数据处理：利用XBMS软件系统处理图像，根据标准体测量计算各标本的面积S(cm^2)，和骨矿含量BMC(g/cm^2)。再根据面积S和BW、BA计算出骨单位面积重量(g/cm^2)BWS = BW/S，和骨单位面积灰重(g/cm^2)BAS = BA/S。

1.3 临床检查对象

425例临床检查对象，男性218例，女性207例。年龄组分布见表1。

表1 临床检查对象年龄组分布(人)

性别	10~19岁	20~29岁	30~39岁	40~49岁	50~59岁	60~69岁	70~79岁	80~89岁
男	25	50	48	31	25	14	20	5
女	12	34	46	40	27	24	13	5

临床诊断没有明显的骨质疏松性疾病。骨密度检查均拍摄左前臂远端。在桡侧摆放标准铝楔。曝光条件同骨标本。

1.4 统计学处理

对骨标本测试数据作BWS与BMC，BAS与BMC的直线相关分析，得到各自的相关系数和相关的显著性检验结果。

对人体检查数据做不同性别、不同年龄组的骨矿含量均值、标准差计算。挑选骨矿含量最高的年龄组计算骨峰值。

2 结果

2.1 骨标本测量的准确性

20例离体骨标本BMC与BWS做曲线相关分析的结果，$r = 0.8713$($P < 0.01$)。二者呈显著相关。BMC与BAS做曲线相关分析的结果，$r = 0.9032$($P < 0.01$)。二者呈显著相关。回归曲线见图3。

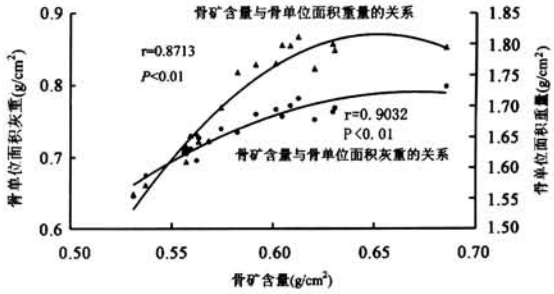

图3 骨标本骨矿含量与单位面积重量、单位面积灰重的相关性分析

2.2 骨标本测量的重复性

对同一骨标本作20次同样方法的测量，统计结果显示误差小于1%(平均值0.986 g/cm^2，标准差0.0083，变异系数0.0084)。

2.3 前臂骨矿含量与年龄的关系

对425例检查对象的测量结果，各年龄组均值与标准差见表2。

表 2 425 例临床检查前臂 BMC($\bar{x} \pm s$)

年龄组	男			女		
(岁)	桡骨	尺骨	平均	桡骨	尺骨	平均
10~19	0.863±0.146	0.787±0.147	0.825±0.143	0.817±0.083	0.732±0.091	0.774±0.083
20~29	1.002±0.118	0.900±0.132	0.951±0.117	0.826±0.080	0.775±0.082	0.801±0.074
30~39	1.065±0.118	1.012±0.136	1.039±0.127	0.879±0.128	0.817±0.099	0.848±0.093
40~49	1.025±0.150	1.005±0.168	1.015±0.162	0.858±0.103	0.811±0.096	0.834±0.099
50~59	1.006±0.137	0.955±0.140	0.980±0.136	0.817±0.100	0.783±0.140	0.800±0.115
60~69	0.924±0.146	0.853±0.132	0.887±0.130	0.772±0.109	0.732±0.142	0.752±0.121
70~79	0.898±0.094	0.836±0.098	0.867±0.092	0.746±0.072	0.710±0.082	0.728±0.069
80~89	0.884±0.067	0.848±0.091	0.868±0.076	0.700±0.104	0.652±0.097	0.676±0.101

男女骨矿含量最高的年龄组均在 30~39 岁年龄组。用 DEXA 的标准[5],按百分率计算:骨峰值降低 0%~12% 为正常;骨峰值降低 13%~24% 为骨量减少;骨峰值降低 25% 以上为骨质疏松;骨峰值降低 37% 以上为严重骨质疏松;XBMS 方法的临床诊断标准参考值:男性:0.904 为正常;<0.904,≥0.779 为骨量减少;<0.779 为骨质疏松;<0.655 为严重骨质疏松。女性:≥0.738 为正常;<0.738,≥0.636 为骨量减少;<0.636 为骨质疏松;<0.534 为严重骨质疏松。

3 讨论

3.1 测量的准确性

标本实验结果显示,骨标本的 BMC 与实际的骨单位面积重量和骨单位面积灰重均呈显著正相关。用 BMC 作为反映骨量特别是骨矿含量的变化是一个合理的指标。但 BMC 是采用标准体转换而得来的等效铝面密度,由于标准体制作只是近似地模拟骨与软组织,不可能完全一致,因此测得的骨矿含量与实际的骨单位面积重量和骨单位面积灰重都是有差异的。本实验结果表明由标准铝楔转换得来的骨矿含量比实际的骨单位面积灰重约低 20%。但由于骨密度检查的目的是告诉患者和临床医生被检者是否有骨质疏松。这一判断是根据正常值范围做出的,只要正常值的测量和患者测量是同一条件和标准下进行的,那么 BMC 与实际的骨单位面积重量或骨单位面积灰重的差异并不重要,也不会影响到实际诊断。

3.2 测量的重复性

对同一标本多次测量的统计结果表明,数字 X 线图像骨密度测量技术的重复性很好。精度误差基本在 1% 以下。对临床检查来说精度是很高的。从骨密度检查的目的和诊断方法来看,重复精确度比准确性更重要,因为骨密度主要是用来做横向和纵向比较的,同一个人不同时期的骨密度数值的变化可以表明骨质疏松的不同程度。在判断病变不同时期和治疗效果的观察方面都是需要的。相同性别年龄组人群的横向比较是判断是否有骨质疏松的主要依据。因此,技术良好的重复性明显提高了它的临床实用价值。

本技术的精度与数字 X 线机的稳定性有关。因此应当正确地使用数字 X 线机,统一曝光条件和检查条件。虽然使用标准铝楔能够对检查条件起到了归一化的补偿作用,但规范的骨密度测量操作还是相当重要的。

3.3 临床测量与诊断标准的制订

临床测量的结果显示男女骨密度与年龄的关系具有统一的规律,在到达骨峰值以前,随年龄增长呈上升趋势。到达骨峰值以后,随年龄增长呈明显下降。

本组对象男女骨峰值均在 30~39 岁年龄组,与文献其他的骨面密度测量方法比较,骨峰值年龄组接近[2,3],与 QCT 腰椎骨密度测量比较则偏大[4],说明测量部位和方法的差异对结果是有影响的。

我们按骨峰值降低百分数制订出初步的临床诊断标准,可以看出,到 60~69 岁组,男女前臂骨密度大约下降 10%~15%,与 QCT 检查腰椎的文献比较,下降幅度要小[4],表明前臂和腰椎的骨密度随年龄变化的速率是不同的。

3.4 测量方法使用的体会

XBMS 骨密度测量系统配合数字 X 线机做骨密度测量操作十分简便。只需要拍摄一张普通的 X 线图像。简单的培训短时间内就能学会操作。报告书写自动化程度很高。各种测量数据的保存和处理也很完善方便,有利于进行临床研究,不失为一个既有较好的临床应用价值,又易于推广的新技术。

【参 考 文 献】

[1] 黄干,廖二元,武贤平,等.双能 X 线骨密度仪测量双侧前臂骨面积、骨矿含量和骨矿密度的比较. 现代康复,2000,10:1512-1513.

[2] 姜岩,苗莉,刘忠厚,等. 中国女性前臂骨密度正常值与原发性骨质疏松症发生率的研究. 中国骨质疏松杂志,2000,2:30-31.

[3] 赵文俐,林土兴,陈贤志,等. 广东沿海地区正常人群骨密度 pDEXA 测量正常值调查结果. 中国骨质疏松杂志,2005,1:64-67.

[4] 赵文俐,陈贤志,王俊山,等. 深圳地区 QCT 骨密度正常值调查与临床诊断标准的探讨. 中国骨质疏松杂志,2003,3:213-215.

[5] 刘忠厚,杨定焯,朱汉民,等. 中国人原发性骨质疏松症诊断标准(试行). 中国骨质疏松杂志,1999,5:1-3.

(收稿日期:2007-07-20)