

BH 6012 型骨密度仪的研制

夏丰年 傅亚平 刘春新 胡建民 崔冶建

【摘要】 目的:测定桡骨超远端的骨矿含量(BMC)和骨密度(BMD)。方法:采用二维扫描,经数据处理系统将通过骨的放射性转换为图像。根据骨图像所显示的骨的形态特征,测定感兴趣区的 BMC 和 BMD。结果:仪器准确度:BMC 和 BMD 测定,偏差不超过 1.5%。精密度:干桡尺骨标本 BMC 和 BMD 的 CV 不超过 2%,受试人桡尺骨 BMC 和 BMD 的 CV 不超过 3%,仪器线性及稳定性良好。测定的 257 例正常人的结果表明:BMC 和 BMD 含量与性别及年龄有关。结论:本仪器准确度高,精密度好,能为测定桡骨超远端的 BMC 和 BMD 提供了可靠的方法。

【关键词】 单光子 骨矿含量 正常人

BH 6012 Mode Bone Densitometer Xia Fengnian, Fu Yaping, Liu Chunxin, et al. Experiment center of Hubei Medical University, Wuhan 430071

【Abstract】 Objective: To measure bone mineral content and density of ultradistal radius. **Methods:** BH 6012 Mode Bone densimeter was used with two dimensional scanning and the radioactivity through bone was turned into image by computer data processing. According to the structure and characteristics of radius in the image, BMC and BMD in "region of interest" were determined. **Results:** The accuracy of instrument: bias is only 1.5%. The precision: BMC and BMD of dry ultradistal radius samples in batch are $\leq 2\%$, while in vivo $\leq 3\%$. Its linearity and stability is satisfactory. **Conclusions:** This Densitometer possesses excellent performance and provides good means for measurements for BMC and BMD of ultradistal radius. The result from 257 normal persons shows that BMC and BMD are related to the sex and age.

【Key words】 Single photon Bone mineral content Normal persons

活体骨矿物质含量的测定,对于骨代谢基础理论的研究和各种原因所致的骨质疏松的诊断治疗均具有重要意义。鉴于目前国内普遍使用的单光子骨密度仪系一维骨密度仪,只能采用体表骨性标志进行定位测定,且不适于桡骨超远端部位骨矿含量的测量,因而其应用价值受到一定的限制。为此,我们在研制单光子骨密度仪的基础上,再度与北京核仪器厂合作,共同研制了 BH6012 型二维扫描单光子骨密度仪,并测定了 257 名正常人桡骨超远端骨矿含量,现将结果报导如下。

材料与方法

1. 仪器

原理 当 γ 射线通过骨及其周围软组织时,就会被骨及软组织所部分吸收。根据 γ 射线的吸收规律,当 γ 射线垂直于骨作横向扫描时,骨矿物质含量 BMC 可由下式求得:

$$BMC = K \int_0^1 \ln \frac{I_0^*}{I} dl$$

$$K = \rho_b / (\mu_b \rho_b - \mu_s \rho_s)$$

式中 K 为一常数, $\mu_b \rho_b$ 和 $\mu_s \rho_s$ 分别代表骨矿物质和软组织的吸收系数和密度, I_0^* 为 γ 射线穿透软组织后的强度, I 为 γ 射线穿透骨和软组织后的强度。从式中可以看出骨矿物质含量 BMC 与对数坐标下的曲线所围面积成正比,这是计算 BMC 的基础。

结构 BH6012 型二维扫描单光子骨密度仪是在 FT647 型单光子骨密度仪的基础上,将机械扫描由一个方向扫描改为互相垂直的两个方向扫描,由于采用了二维扫描,故扫描结果不是一维骨密度仪所扫出的一条“线”,而是由多条“线”组成的“面”。由探头采集到的放射性,通过数据处理系统可转换为一幅远端桡尺骨的图象。根据骨图象所显示的骨的形态特征,可得到感兴趣区的骨矿含量。由于仪器具备数据贮存功能,故在必要时,可很准确地找到同一测量部位进行重复测量。

二维骨密度仪由扫描机系统、测量系统和数据处理系统组成。

扫描机系统主要包括扫描台、扫描架及 X、Y 电机。探头和放射源固定在扫描架上作同步运动。X、Y 电机由计算机控制,主要负责扫描架 X、Y 两个方向的

驱动,使扫描机进行“弓”形扫描。

测量系统主要由探头、放射源、放大器及单道脉冲分析器组成。测量系统通过数据采集、分析,由 1/0 接口输入计算机。

仪器使用 ^{241}Am 放射源。 ^{241}Am 半衰期 433 年, γ 射线能量为 60keV,放射性活度为 3.7GBq(100mCi)。放射源密封,放射源的准直孔正对准探头的准直孔。工作时放射源对周围环境的辐射剂量率小于 $1\mu\text{Gy/h}$ 。

计算机接收到数据后,经过图象处理技术和伪彩色技术形成彩色图象并计算结果。结果可打印输出,也可存入磁盘备查。数据处理软件功能包括有图象平滑、滤波、边缘检测、自动定位等。

2. 材料

①仪器性能分析:人干桡骨、人干桡尺骨标本、铝标准体。②正常人 257 例,系本校教工和学生,已排除各种引起骨代谢的疾病。年龄 20 ~ 83 岁,男性 146 例,女性 111 例,按性别分为两组,再按年龄每 10 岁为一组。

3. 测量指标

BMC:骨矿含量 g/cm BW: 骨宽 cm

BMD: 骨密度 g/cm^2 $\text{BMD} = \frac{\text{BMC}}{\text{BW}}$

4. 测量方法

人干桡骨 人干桡骨在烘箱中烘干,取出冷却,然后置于盛有蒸馏水的有机玻璃槽中浸泡,去除骨表面上的微小气泡,用骨密度仪测其骨矿含量,然后取出样品置于炉温为 700°C 的马福炉中煅烧一天,冷却取出,放入干燥器中,用精密天平称其灰重。

铝标准体 铝标准体置于水浴槽中,用骨密度仪

测其含量,然后用精密天平称其重量。

正常人 测量时,手臂自然平放,用水囊袋固定桡骨远端,仪器从尺骨小头开始自动扫描桡骨远端部分。扫描距离一般为 22mm。扫描完成后,根据骨扫描图象和曲线找出桡尺骨交叉点,然后计算机自动给出桡尺骨交叉点至交叉点上 8mm 间的 BW(骨宽)、BMC(骨矿含量)、BMD(骨密度)的平均值,即为桡骨超远端的骨矿物质含量。

人桡尺骨标本 将同一人的一对桡尺骨按人的正常解剖位置粘合,固定于水浴槽中,测量桡骨远端。测定方法同 3。

结 果

1. 仪器性能分析

准确度 取人干桡骨 5 段,每段 1cm,用骨密度仪测其骨矿含量后煅烧,用精密天平测其灰量(见表 1)。

表 1 骨样品灰量与仪器实测值的比较

样品号	1	2	3	4	5
灰 重(g)	0.634	0.791	0.670	1.087	1.118
仪器实测值(g)	0.629	0.798	0.679	1.076	1.102
相对偏差(%)	0.8	-0.9	-1.3	1.0	1.4

仪器实测值与骨样品灰重的相对偏差为 1.08% $\pm 0.26\%$

精密度 人干桡尺骨标本超远端测量 将干桡尺骨标本固定于水浴槽中,用水浸泡。其批内和批间测量结果如表 2。

人桡尺骨超远端测量:分别测一例正常男性和正常女性桡尺骨超远端的 BMC 和 BMD。结果如表 3。

表 2 干桡尺骨标本超远端处精密度测量结果

指 标	测量 次数	批 内			批 间		
		$\bar{X}$	SD	CV(%)	$\bar{X}$	SD	CV(%)
BMC(g/cm)	10	1.037	0.016	1.50	1.046	0.019	1.77
BMD(g/cm^2)	10	0.379	0.004	1.03	0.378	0.008	2.05

表 3 人桡尺骨超远端精密度测定结果($\bar{X} \pm \text{SD}$)

对象	测量次数	批内测定		批间测定	
		BMC(g/cm)	BMD(g/cm^2)	BMC(g/cm)	BMD(g/cm^2)
男性	10	1.267 ± 0.025	0.485 ± 0.011	1.279 ± 0.036	0.492 ± 0.014
女性	10	0.705 ± 0.021	0.308 ± 0.009	0.718 ± 0.022	0.313 ± 0.011

正常男性 BMC 和 BMD 的批内 CV 分别为 2.0 和 2.2%,批间 CV 为 2.8%和 2.9%。

正常女性 BMC 和 BMD 的批内 CV 分别为 2.9%和 2.8%,批间 CV 为 3.1%和 3.3%。

线性 将一个八级梯形圆柱铝筒置于水浴槽中,对每一阶梯进行测量,然后计算出每个圆筒的重量,描出扫描面积与铝重量之间的关系曲线,结果见图 1。

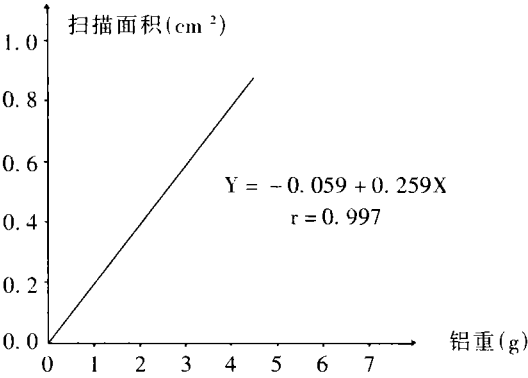


图 1 扫描面积与铝重之间的关系

经直线相关回归,相关系数 $r=0.997$,呈高度正相关,表示仪器线性性能良好。

稳定性 仪器连续工作 12 小时,每隔两小时测量一次铝标准体,测量结果见表 4。

表 4 二维骨密度仪器稳定性测量结果(g)

样 品	测量次数	X	SD	CV(%)
铝标准体	6	7.837	0.054	0.69

表 5 不同年龄组正常男女桡骨超远端 BMC 和 BMD($\bar{X} \pm SD$)

性别	年龄组	例数	BMC(g/cm)	BMD(g/cm ²)
男	20 -	28	1.379 ± 0.283	0.504 ± 0.075
	30 -	36	1.455 ± 0.219	0.520 ± 0.062
	40 -	22	1.484 ± 0.226	0.536 ± 0.072
	50 -	23	1.332 ± 0.211	0.502 ± 0.061
	60 -	31	1.258 ± 0.190	0.466 ± 0.053
	70 -	6	1.207 ± 0.227	0.446 ± 0.073
女	20 -	19	0.924 ± 0.192	0.407 ± 0.064
	30 -	22	1.041 ± 0.187	0.432 ± 0.063
	40 -	22	1.034 ± 0.191	0.427 ± 0.061
	50 -	28	0.826 ± 0.140	0.369 ± 0.056
	60 -	15	0.712 ± 0.161	0.313 ± 0.063
	70 -	5	0.557 ± 0.032	0.250 ± 0.069

2. 正常人桡骨超远端骨矿含量

257 例不同年龄健康成年人桡骨超远端矿含量见表 5。经统计学处理,男性桡骨超远端除 40 ~ 岁组与 50 ~ 岁组 BMC 有显著性差异,50 ~ 岁组与 60 岁组 BMC 有显著性差异外,其余各组间 BMC、BMD 均无显著性差异。而女性各年龄组中,20 ~ 岁组与 30 ~ 岁组,30 岁组与 40 ~ 岁组其 BMC 和 BMD 间无显著差异。40 ~ 岁组与 50 ~ 岁组,50 ~ 岁组与 60 ~ 岁组 BMC、BMD 均有高度显著性差异。

讨 论

目前国内所有厂家生产的单光子骨密度仪,主要是测量桡尺骨远端 15%和中下 1/3 处的骨矿物质含量。桡骨远端 15%处松质骨含量约为 25%,桡骨中下 1/3 处松质骨含量约占 5%,故不能敏感地反映骨矿含量的变化,而且测量定位时都是采用鹰嘴或茎突等体表骨性标志,人为因素较多,误差较大,尤其不适于对同一个体进行动态观察。桡尺骨超远端的松质骨含量占 60%,松质骨与密质骨之比接近脊椎骨。因而测量桡骨超远端的骨矿含量能更为敏感地反映骨质丢失情况。但此处重复定位难度较大,只要位置稍一变动,骨矿含量即发生变化,为此,我们在国内首次采用计算机边缘检测手段进行自动定位,克服了人工定位所造成的误差。仪器测量值与真值的偏差不超过 ± 1.5%,线性性能和稳定性均较理想。干桡尺骨标本的超远端处 BMC、BMD 的批内重复性和批间重复性均为 1% ~ 2%,人桡骨超远端处 BMC、BMD 的批内重复性和批间重复性均为 2% ~ 3%。该仪器能自动定位、图显示、超远端测量,仪器操作简便,成本相对低廉,适于我国国情,为骨质疏松症的诊断、治疗和追踪观察提供了可靠的监测手段。

我们用二维骨密度仪测定正常人桡骨超远端的 BMC、BMD 的结果表明,在所有年龄组中,男性均高于女性。这与两性激素水平,生理条件不同有关。人体 BMC 和 BMD 随年龄的增长而变化,青春期末 BMC、BMD 随年龄的增长而增加。男性在 40 岁组达高峰,女性则在 30 岁组达高峰。女性绝经前后 BMC、BMD 有显著性差异与体内雌激素水平的改变有关。这与文献报道的结果一致。

(1998-11-12 收稿)