

# 大鼠模型骨矿密度测量的新方法

郇中付 钟 鸣 祝光荣 姜俊德 郇 铃 宿 红

**摘要:** 本文介绍使用活性极弱的 $^{125}\text{I}$ 液体源测量大鼠模型骨矿密度的新方法。利用目前国内使用较多的 SPA-4 型骨矿分析仪<sup>[1]</sup>, 在其扫描臂上部的下端再加装一个有  $\phi 2.5 \times 6$  的出射孔的铅室, 铅室内部尺寸可以安装 $^{125}\text{I}$ 液体源标准安瓿瓶, 瓶内有 0.1~0.2ml 液体, 其 $^{125}\text{I}$ 活性为  $1 \cdot 10^6\text{Bq}$  (27mCi),  $^{125}\text{I}$  的 27.5keV 低能  $\gamma$  射线由铅室的出射孔向下发出, 改进后即把检测人的 $^{241}\text{Am}$  单光子骨矿密度仪变成大鼠模型的 $^{125}\text{I}$  单光子骨矿密度仪。检测精度为  $\pm 1.7\%$ , 不确定度为 (3~5)%。

**关键词** 骨矿物质测量  $\gamma$  射线吸收法

## A new method for measuring bone mineral density of rat models

Yan Zhongfu, Zhong Ming, Zhu Guangrong, Jiang Junde, Yan Ling and Su Hong  
China Research Institute of Testing Techniques, Chengdu 610061, China

**Abstract** This paper describes a method using a liquid radioactive source  $^{125}\text{I}$  with very weak activity to measure the bone mineral density of rat models. A lead chamber with  $\phi 2.5 \times 6$  outgoing hole is mounted on the upper end of scanner arm of a SPA-4 type bone mineral analyzer<sup>[1]</sup>. The inner space of lead chamber may contain a standard ampere-bottle with  $^{125}\text{I}$  liquid source of 0.1~0.2 ml and the  $^{125}\text{I}$  activity emits low energy  $\gamma$ -rays of  $1 \cdot 10^6\text{Bq}$  (27mCi) with main energy of 27.5 keV. The  $\gamma$ -rays are emitted from the outgoing hole to form a beam and pass through the specimen of low bone mineral density. By such improvement an  $^{241}\text{Am}$  single photon bone mineral analyzer for humans can be changed into an  $^{125}\text{I}$  single photon bone mineral analyzer for rat models. The measurement precision is  $\pm 1.7\%$  and the uncertainty is 3%~5%.

**Key words** Bone mineral analysis  $\gamma$ -Ray absorptometry.

一些医学研究部门需要快速简单的单光子吸收法测量大鼠模型的骨矿密度, 但是, 目前国产的单光子骨矿密度仪都使用 $^{241}\text{Am}$  射线源, 其能量较高 (59.5keV), 而大鼠的骨矿密度太小, 对 $^{241}\text{Am}$  的  $\gamma$  射线吸收不灵敏, 因此, 不能用 $^{241}\text{Am}$  吸收法测量大鼠。虽然双能 X 射线骨矿仪 (DEXA) 测量大鼠是一种可行的方法, 但是, 这种仪器价格昂贵, 未普及, 即使用它做大鼠测量, 费用也是很贵的。因此, 很少有用 DEXA 作大鼠骨矿测量的。美国 $^{125}\text{I}$  单光子数字骨密度仪也是检测大鼠的好方法, 但它要用  $7.4 \times 10^9\text{Bq}$  (200mCi) 很强活性的 $^{125}\text{I}$  点状固体源, 此源价格十分昂贵, 而国内不生产, 故我国几乎不使用美国或其他国家的 $^{125}\text{I}$  单光子仪。为

了满足大鼠骨密度测量的需要, 我们用国产 SPA-4 型骨矿分析仪改进成同时使用微弱的 $^{125}\text{I}$  液体源单光子骨矿分析仪。 $^{125}\text{I}$  液体源国内生产, 价格便宜, 随时现货供应。在不改变或拆卸原仪器任何一个部件的情况下, 就可简单方便地将 $^{125}\text{I}$  安瓿瓶安放在仪器内。改进后不影响原仪器 $^{241}\text{Am}$  的使用。

## 1 材料和方法

SPA-4 型骨矿分析仪, 由成都中国测试技术研究院生产。 $^{125}\text{I}$  液体源, 由北京中国原子能科学研究院生产。作者设计加工了一个铝制安装盒和具有内部尺寸为  $\phi 13.5 \times 40$  和外部尺寸为  $\phi 25.5 \times 46$  的铅室。铅室下端有一个  $\phi 2.5 \times 6$  的

射线出射孔。将  $\phi 13 \times 38$  的装有  $0.1 \sim 0.2 \text{ml } ^{125}\text{I}$  溶液的安瓿瓶放入铅室内,铅室再放入铝安装盒内,将铝盒通过连接螺口与扫描臂上部的下端连接在一起。其安装方法如图1所示。 $^{125}\text{I}$  的  $27.5 \text{keV}$  射线束通过  $\phi 2.5 \times 6$  准直孔成一窄射线束,向下发出,透过大鼠股骨标本,被股骨吸收减弱的射线信号由扫描臂下部的探测器接收。扫描臂可以升降以改变源与探测器的距离,不致因  $^{125}\text{I}$  不断衰减而减小计数率。这样可以保证在有效期内(8个月内)的测量精度。同硬件的改进相应的软件测量程序和操作程序也作了改进。

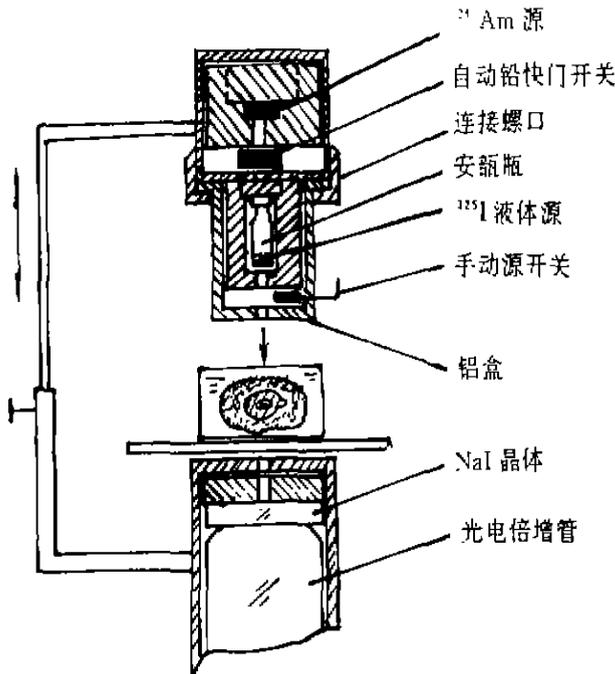


图1 改进后的 SPA-1 型骨矿分析仪的 C 型臂部分(将  $^{125}\text{I}$  源安装在扫描臂上部的下端)

## 2 实验结果

**2.1 质量减弱系数 ( $\mu \text{m} \cdot \text{cm}^2/\text{g}$ ) 的测量:** 由于是液体源,除了对  $\gamma$  射线有自吸收外还有散射,使得源发出的射线不是单能量的  $27.5 \text{keV}$ ,那么必须实际确定在规定条件下骨矿物质对  $^{125}\text{I}$  射线的质量减弱系数,以便作骨密度计算程序的设计。图2是为测量人骨矿物质对  $^{125}\text{I}$  低能  $\gamma$  射线的质量减弱系数而设计的实验模型。电子线路的甄别阈取  $15 \text{keV}$  及能量窗宽取  $35 \text{keV}$  时,测得骨矿对  $^{125}\text{I}$  射线的质量减弱系数为  $2.58 \text{cm}^2/\text{g}$  与 Smith<sup>[2]</sup> 所测得数据  $2.60 \text{cm}^2/\text{g}$  基本一致。将模型中的人骨灰代之以大鼠骨灰,

也得到相同结果。这是大鼠骨矿密度测量程序设计的基本数据。

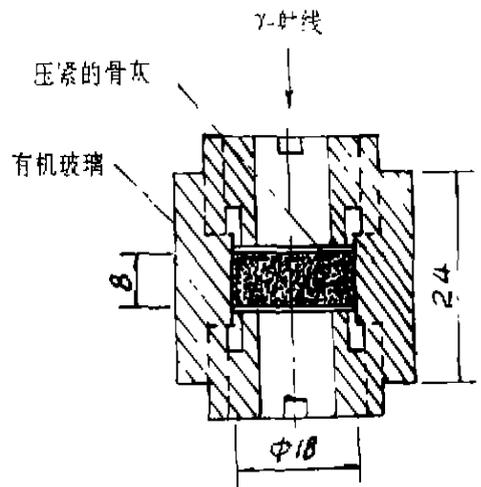


图2 测量骨矿物质对  $^{125}\text{I}$   $\gamma$  射线的质量减弱系数的模型

**2.2 骨矿物质对  $^{125}\text{I}$   $\gamma$  射线吸收的灵敏性:** 仍然利用图2设计的模型,当  $^{125}\text{I}$   $\gamma$  射线透过率小于  $95\%$  或吸收率大于  $5\%$  时,骨盐的质量可小到  $20 \text{mg}/\text{cm}^2$ ,而同  $^{241}\text{Am}$   $\gamma$  射线 ( $60 \text{keV}$ ) 相比,  $20 \text{mg}/\text{cm}^2$  只吸收  $^{241}\text{Am}$   $\gamma$  射线强度的  $0.3\%$ ,显然,骨矿物质对  $^{125}\text{I}$   $\gamma$  射线的吸收要灵敏得多。在  $30\%$  的计数率吸收率时,对  $^{125}\text{I}$  只要  $100 \text{mg}/\text{cm}^2$  骨矿物质而对  $^{241}\text{Am}$  则要  $600 \text{mg}/\text{cm}^2$ ,也就是说,骨矿物质对  $^{125}\text{I}$   $\gamma$  射线的吸收比对  $^{241}\text{Am}$  要灵敏6倍。

**2.3 精密性:** 以连续测量一根离体大鼠股骨中段为例,其 BMC 测值的10次的平均值为  $48 \text{mg}/\text{cm}$ ,其精密性为  $\pm 1.7\%$ 。

**2.4 使用周期:** 以  $1 \times 10^5 \text{Bq}$  活性为例,使用8个月即4个半衰期(其半衰期为60天)后,还有  $1.68 \times 10^5 \text{Bq}$ 。虽然放射强度在不断地衰减,但可通过升降机械,将放射源下降  $4 \text{cm}$ ,可以增加计数率,测量精度基本不变。因此,当  $^{125}\text{I}$  不断减弱时,采取缩短源—探头距离的办法,一个  $1 \times 10^5 \text{Bq}$  的微弱  $^{125}\text{I}$  源可用4个半衰期即8个月。

**2.5 不确定度(或叫不准确度):** 以测量大鼠股骨为例子,不确定度可达  $\pm 3\% \sim 5\%$ 。测量大鼠活麻标本以其股骨中点或腰椎骨较为方便。被测量大鼠标本3只(由四川省劳动卫生职业病防治研究所提供),先麻醉,在被测部位先用水将

皮毛浸湿,再压以小水袋(用乳胶指套灌满蒸馏水即可)。图3是测量活麻大鼠股骨中点情况。3只大鼠的仪器测量值(BMC)和将其灰化的骨灰称重计算值(BMC)在不确定度为 $\pm 4\%$ 以内一致。测量30根离体左股骨(由华西医科大学卫生系提供),在每一根股骨中段切下1.0cm左右长的骨段,按编号(放在有机玻璃水盒中淹满蒸馏水)先测量其仪器值(BMC),然后按编号放于30个陶瓷干锅内,电炉800℃煅烧两小时,冷却后取出,称重计算得到灰烬值(BMC),二者比较,平均值在 $\pm 3.5\%$ 的误差内与灰烬值一致。

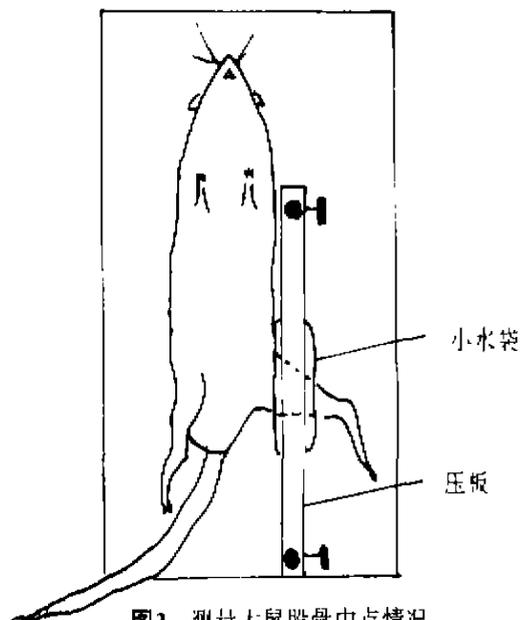


图3 测量大鼠股骨中点情况

## 4 讨论

**4.1**  $^{125}\text{I}$  液体源是否因为是液体状态而对测量有影响?实验证明,对测量结果无影响。实际上,液体量是很少的,只有0.1~0.2ml,仪器扫描运动很平稳,液体不会荡漾。让仪器作空行程扫描运动,其计数率始终在放射性统计涨落内不发生变化。实际测量人骨标准时,与灰值比较,

在误差 $\pm 2\%$ 内一致。测大鼠干股骨时,与烧灰值比较,误差在 $\pm 3.5\%$ 内一致。

**4.2**  $^{125}\text{I}$  液体源的包装有无泄漏和污染?中国原子能科学研究院生产的 $^{125}\text{I}$  液体源是用国际标准安瓿瓶包装的,作者曾在不同时间内购过三个这种源,用湿润试纸擦拭安瓿瓶外表面,用上海电子仪器厂生产的FD-3014数字两用 $\gamma$ 辐射仪(显示微仑/小时)测试,仪器无明显显示,说明安瓿瓶表面无污染和外泄。将新购源放于手套箱内,三天后取走,用FD-3014测试,无显示蒸发污染。

**4.3** 改进的价值:单光子吸收法有结构简单,操作方便,测量精确,价格低和临床应用意义显著的特点,所以,对诊断骨质疏松有特定价值,这些在刘忠厚教授<sup>[1]</sup>主编的《骨质疏松症》一书中有全面论述。这里只强调改进后的价值。改进后的SPA-4型骨矿分析仪既弥补了只使用 $^{241}\text{Am}$ 单光子不能测低骨矿密度的不足,又克服了使用双能X线(DEXA)方法测大鼠费用昂贵的困难,满足了医学研究的需要。上海医科大学翁世芳等<sup>[4]</sup>将改进后的SPA-4型骨矿分析仪用于大鼠骨质疏松模型活体测量,得到了可同DEXA方法相比较的理想结果。

## 参考文献

- 1 鄒中付. SPA-4型骨矿分析仪. 计量, 1991, 3: 1~8.
- 2 Smith M A. Comparison between  $^{117}\text{Gd}$  and  $^{241}\text{Am}$ - $^{107}\text{Cs}$  for dual Photon absorptometry of the Spine. Phys Med Biol, 1983, 28(6): 703.
- 3 刘忠厚主编. 骨质疏松症, 第一版. 北京: 北京化学工业出版社, 1992.
- 4 翁世芳, 黄克, 王洪复. 大鼠骨密度测定骨质疏松模型研制中的应用. 第二届全国骨质疏松研讨会(西安)论文集, 1994, 270.