



# DEXA 在身体成分测量中的应用

毕玉萍, 王人卫

**摘要:** 作为骨量测量“金标准”的双能X线吸收测定法(DEXA), 近几年已被国外研究学者作为身体成分测量的新标准, 但在国内DEXA还没有得到广泛应用, 本文综合有关文献, 从DEXA测量身体成分的原理、研究进展及展望等方面对DEXA进行综述, 以期促进DEXA在国内更广泛的应用。

**关键词:** 双能X线吸收测定法(DEXA); 身体成分; 脂肪; 水下称重法

中图分类号: G804.49 文献标识码: A 文章编号: 1006-1207(2008)01-0017-04

## Application of DEXA to Body Composition Measurement

BI Yu-ping, WANG Ren-wei

(Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China)

**Abstract:** DEXA, as the "Golden Standard" for bone mass measurement, has been regarded as the new standard for body composition measurement in the recent years. However, DEXA has not been widely used in China. The paper, based on the relative literature, elaborates on the principles of body composition measurement, the progress and prospects of the study, etc. so as to further the application of DEXA in China.

**Key words:** DEXA; body composition; fat; underwater weighing method

## 1 前言

无论发达国家还是发展中国家, 超重和肥胖在近几十年均呈上升趋势。据世界卫生组织专家估计, 到20世纪末, 世界肥胖人口已经达到18亿人, 并且仍呈现持续上升的趋势<sup>[1]</sup>。目前我国居民超重率已达17.16%、肥胖率达5.16%, 二者之和为23.12%, 已接近总人口的1/4<sup>[2]</sup>。超重和肥胖比例的迅猛增加, 将导致与肥胖有关的心血管疾病, 如冠心病、高血压、糖尿病、脑卒中等患病率的大幅度上升, 其潜在的健康问题将难以估量。因此, 预防肥胖的流行是21世纪前五十年世界各国面临的最大的公共卫生挑战之一。

随着人们对肥胖危害性的日益重视, 超重和肥胖的诊断标准引起了人们的广泛关注。目前身体成分的测量方法主要是身体成分中脂肪百分含量的测试方法<sup>[3]</sup>。双能X线吸收测定法(dual-energy X-ray absorptiometry-DEXA)作为体成分测试的一种新方法, 是国内外公认的骨矿含量(BMC)和骨密度(BMD)测试的金标准, 近年来国外已将它作为体成分测定的标准方法<sup>[4~6]</sup>。但DEXA在国内还没有得到广泛应用。本文综合有关文献, 从DEXA测量身体成分的原理、研究进展及展望等方面对DEXA作一综述, 以期促进DEXA在国内更广泛的应用, 为身体成分的测量提供更有效的评价方法, 预防和降低超重和肥胖比率, 进而促进社会更加健康、和谐地发展。

## 2 DEXA测量身体成分的原理

Cameron 和 Sorenson<sup>[7]</sup>于1963年首先采用单光子吸收法

(single photon absorptiometry, SPA)和双光子吸收法(dual photon absorptiometry, DPA)对骨矿含量和骨密度进行了测定。1980年该方法发展为DEXA法。Mazess RB等<sup>[8~10]</sup>在1981年首先报道DEXA应用于身体组成成分的测定, 之后Cullum ID<sup>[11]</sup>等将其进一步推广应用。

DEXA是在利用骨密度测定仪测量骨密度的基础上, 扩展和延伸用于测定身体脂肪组织、非脂肪组织和骨矿物质含量的方法。其主要原理是: 该装置由一种超稳定X线发生器发射一束宽波长的射线束, 通过X线束滤过式脉冲技术可获得两种能量的X线, 即高能(80~100KeV)和低能(40~50KeV)两束不同能量的弱X线, X线穿过受检部位后, 被与X线管球同步移动的高及低能探测器所接受, 由于受检部位的吸收量与射线所穿过的组织量呈正比, 当探测扫描系统将接受的信号传送到计算机进行数据处理, 就可以计算出身体脂肪组织、非脂肪组织和骨矿物质含量、骨矿密度等参数。

DEXA装置有很多种, 以美国GE公司生产的LUNAR-Prodigy机型为例, 其扫描方法采取Standard法, 选择扫描条件一般采取76KV, 0.15mA, 扫描范围长约190cm左右, 宽60cm左右, 扫描时间约5min。它的辐射量低, 整机采用特有的安全保护系统, 可确保被测试的人所受的辐射剂量很小, 一般情况可保证小于拍摄一张X线片的十分之一辐射剂量<sup>[12]</sup>。

## 3 DEXA与水下称重法的比较

水下称重法(underwater weighing/hydrostatic weighing, UWW)由Siri WE<sup>[13]</sup>在1956年首先报道, 其原理是根据阿

收稿日期: 2007-10-15

第一作者简介: 毕玉萍(1982-), 女, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 运动与健康促进。E-mail: biyuping1010@126.com, Tel: 021-51253754

作者单位: 上海体育学院运动科学学院, 上海 200438



基米德定律用身体密度求体内的脂肪含量,测量时需要被测人穿着泳装将整个身体潜入水中保持静止状态并将肺中的空气完全排出来测量体重。该方法是目前公认的测定体脂的“金标准”,优点为精确度高、重复性好,缺点为推算的过程太复杂、繁琐,还受测试者水性水平的影响,并不是所有人都可以采用此方法来测定体成分的。

与水下称重法相比,DEXA 测量身体成分的优点主要有如下几点:一是与其它方法比较,DEXA 最大优势是能评定全身、局部、随意部位的脂肪含量;二是 DEXA 能提供人体的 3 组分模型——脂肪组织、骨矿物质、去骨矿物质和脂肪的组织;而水下称重法得到只是 2 组分模型,将人体分为脂肪组织和非脂肪组织两部分;三是 DEXA 不会产生与象水下称重法所采用的有关生物学固定密度的假定因素有关的误差;四是 DEXA 的操作过程简单易行,对那些水下称重法难以测试的人群如儿童、老人、病人等更为实用。

与水下称重法相比,DEXA 受全身含水总量(TBW)的变化影响较小。Kohrt<sup>[14]</sup>研究发现由于含水量变化引起脂肪(fat)和去脂体重(fat-free body, FFB)测量的误差小于 0.5 kg,提示水合状态的变化对 DEXA 测量的影响很小。Wendy<sup>[15]</sup>在采用 DEXA 技术及水下称重方法进行的体脂百分含量的测试研究中发现,两种方法测试的结果具有高度相关性( $r = 0.95, P < 0.01$ )。R.H.Nord 和 R.K.Payne<sup>[16]</sup>在 1996 年报道利用 DEXA 测定人体的脂肪组织、非脂肪组织和骨矿物质的含量,并与所谓体脂含量的“金标准”——水下称重法进行对比,结果显示 DEXA 对这 3 种成分测定的敏感性和准确性非常高,认为 DEXA 可以作为测定体脂含量的另一“金标准”。

## 4 DEXA 测量身体成分的研究进展

### 4.1 DEXA 精度的研究

Svendsen 等<sup>[17]</sup>用 DPX 型骨密度仪对体重 35~95 kg 的 7 头猪进行了体成分测量,并与化学分析法结果比较。直线回归分析显示, $r > 0.97$ ,脂肪百分比、体脂肪含量(FTM)和瘦体组织含量(LTM)对应的估计标准误(SEE)分别为 2.9%、1.9kg 和 2.7kg,表现出很高的准确度。Picard 等<sup>[18]</sup>用 QDR22000 型骨密度仪对体重为 1.47~5.51kg 的 13 头猪进行了类似的研究,得出相似的结论。Going 等<sup>[19]</sup>用脱水和补液的方法,使 17 名志愿者体重改变了约 1.5kg,DEXA 能准确区分机体在基础、脱水、补液 3 种状态下的体重、软组织、LTM、FTM 及 BMC 的变化情况,更显示出 DEXA 探测个体微小变化的能力。Snijder<sup>[20]</sup>等通过采用 DEXA、CT 和人体测量法对 70~79 岁的老年人(黑种人和白种人)腹部脂肪测量的比较研究发现,DEXA 所测得的值与 CT 间存在高度相关性( $r = 0.87 \sim 0.98$ ),认为 DEXA 能准确的预测老年人的腹部脂肪,可以替代昂贵的 CT 法。

### 4.2 DEXA 在临床及实践应用

#### 4.2.1 用于评价体脂分布

与其它方法比较,DEXA 最大优点是不仅能对体内脂肪含量进行定量诊断,同时对体内包括上肢、下肢和躯干部位的脂肪异常分布能进行客观的评价,这为我们进一步对肥胖症进行分型诊断和深入了解肥胖症容易出现脂肪肝、冠心病等并发症都具有重要价值。

Ley 等<sup>[21]</sup>, Wang 等<sup>[22]</sup>利用 DEXA 能够测量随意部位体成分的特点,研究了与性别、年龄、绝经之间的关系,克服了体重指数、腰臀比等方法的缺陷,发现妇女绝经后向男性型脂肪分布发展。最近, Gambacciani 等<sup>[22]</sup>应用 DEXA 跟踪评价了激素替代疗法(HRT)对于早期绝经妇女体重、体脂分布的影响,发现 HRT 组的躯干部 FTM 无明显变化,大腿部从 7.1kg 增加到 8.3kg,  $P < 0.005$ ; 相反对照组的躯干部 FTM 显著增加(10.2kg ~ 11.3kg),提示 HRT 能预防体脂向心性分布。Yucel 等<sup>[23]</sup>采用 DEXA 评价多囊卵巢综合征(PCOS)身体脂肪分布。研究发现,PCOS 患者躯干和上肢的脂肪质量和下肢的脂肪质量比明显更高( $P < 0.011$ )。游离睾酮(T)与上肢脂肪质量呈正相关( $r = 0.401, P < 0.05$ )。控制年龄和 BMI 后,游离 T 和上肢脂肪质量仍显著相关( $r = 0.596, P < 0.05$ )。提示 PCOS 妇女游离 T 和上肢脂肪质量呈正相关。陆玉敏等<sup>[24]</sup>应用双能 X 线吸收测量法(DEXA)对 135 例肥胖者及对对照组 75 例正常体重者进行全身及局部包括上肢、下肢、躯干的脂肪含量测定,发现 DEXA 测量人体内全身的脂肪含量判断肥胖症的切点男为 23%,女为 29%,其准确率高。

#### 4.2.2 用于评价身体成分与骨量相关性

国内,DEXA 在体成分与骨量关系方面的研究相对较多。徐莉等<sup>[25]</sup>通过采用 DEXA 技术对 47 名身体健康男性进行体成分测量的研究发现,受试者全身骨矿物质含量与全身瘦体重、脂肪含量、体重均呈中度正相关关系,研究提示 DEXA 技术进行身体成分的研究是有可行的。秦明伟等<sup>[26]</sup>研究发现男性 BMC、BMD 受体重、瘦体重影响大,女性除受上述因素影响外,脂肪亦是影响妇女 BMD 的一个重要因素。刘继洪等<sup>[27]</sup>人通过双能 X 线骨密度仪对 585 名 19 岁以上健康人进行身高、骨密度及全身成分的研究发现骨密度、骨量、体重两两间呈正相关关系( $P < 0.001$ ),年龄与身高是三者的影响因素之一。刘继洪等<sup>[28]</sup>人对 537 例 18 岁以上女性通过双能 X 线骨密度测定,对骨密度、骨量、体重、年龄、身高、脂肪含量结果进行研究。发现各年龄组骨量与身高、体重成正相关关系,体重与身高、脂肪含量呈正相关;35 岁以下年龄组骨密度与脂肪含量、体重与年龄成正相关,35 岁以上年龄组骨量与年龄成负相关;65 岁以上年龄组女性骨密度与年龄成负相关,而与身高、体重、骨量成正相关,骨量与脂肪含量存在正相关( $P < 0.05$ )。表明年龄、身高、体重、骨量与脂肪含量是相互关联的,35、65 岁阶段是两个重要阶段。

#### 4.2.3 用于评价非健康人群身体成分

由于 DEXA 不依赖于机体组织中各种化学成分的固定含量,因而适用于各种病人的分析和研究。疾病状态时,机体内液含量和化学成分可能会发生变化,但是不影响 DEXA 的测量结果。

Beshyah 等<sup>[29]</sup>对 43 例垂体功能低下患者,运用 DEXA、BIA 观察生长激素(GH)治疗前后体成分的变化,认为用 BIA 不能恰当评价非脂肪组织的变化情况,而 DEXA 则能正确评价。Jeong<sup>[30]</sup>用 DEXA 法测定肝硬化患者组织成分后发现,肝硬化后脂肪成分减少而瘦体组织与骨矿物质成分维持不变,说明其消耗脂肪来维持蛋白质代谢。冯波等<sup>[31]</sup>用 DEXA 测定 76 例 2 型糖尿病患者全身各部位的骨密度和肌肉、脂肪含量,并根据体重指数将病人分为肥胖组 24 例和正常体重组 52 例,研究结果显示,肥胖的 II 型糖尿病患者



以脂肪含量升高为主,肌肉组织含量和脂肪异常分布对骨密度有显著的影响作用。范志强等<sup>[32]</sup>通过采用DEXA评价老年慢性阻塞性肺疾病(COPD)患者的人体组成,研究发现男女两组BMI、FFM或LTM的比例下降,表明COPD患者有不同程度的营养不良和FFM的衰减,并伴有骨骼肌的萎缩。

#### 4.2.4 用于评价动物身体成分

DEXA利用一个专门的软件,可用于测量小动物全身骨矿物质和软组织成分的含量,帮助科研人员进行动物实验的研究。

国外Bertin等<sup>[33]</sup>报道有关DEXA测量大鼠全身脂肪组织的变异系数(CV)为3.0%、肌肉(lean)组织的CV为1.1%。弓健等<sup>[34]</sup>对30只SD大鼠进行DEXA 2次重复扫描,分别分析大鼠各个部位的骨密度、脂肪组织、肌肉组织和脂肪百分比,并计算其精密度。研究发现SD大鼠全身骨密度测量精密度(RMS-CV)为0.9%,最小显著变化值为0.003g/cm<sup>2</sup>;大鼠全身软组织成分:脂肪、肌肉组织的含量和脂肪组织所占软组织的百分比的精密度分别为9.6%、1.3%和9.7%。提示DEXA能较准确测量大鼠全身骨密度和软组织成分。戴如春等<sup>[35]</sup>通过小剂量17 $\beta$ -雌二醇对去卵巢大鼠骨密度(BMD)、体脂和血脂作用的研究发现,大鼠去卵巢后18周前脂肪含量和脂肪含量百分比各组间不存在差别,到21周时17 $\beta$ -雌二醇替代组(EST)组升高。提示在雌激素缺乏所致的体重增加中,体脂成分影响不大,小剂量17 $\beta$ -雌二醇补充治疗能够抑制这种体重增加,但时间较长时可使体脂增加。

#### 4.2.5 用于身体成分测试的标准方法

由于DEXA的测试费用相对昂贵,很难在体质测试及全民健身中普及,简单易行的测试方法更具有现实意义。因此目前,国外许多学者都将DEXA作为标准方法用于验证其他体成分测试方法及预测公式。Hunkyung Kim<sup>[36]</sup>用DEXA对身体成分的年龄推移进行了研究。Lusine等<sup>[4]</sup>通过对年龄为18~75岁的女性采用DEXA测量身体成分,验证BMI法对身体成分的分组,研究发现,中老年女性BMI正常和超重组的体脂率要高于年轻女性,提示体脂率与年龄和绝经状态相关,而BMI法并没有考虑这一点,存在局限性。Eston等<sup>[5]</sup>采用DEXA作为体成分测试标准方法,对身体健康的年轻人研究,发现所测的7处皮褶厚度中大腿部和小腿部的皮褶厚度对体脂率变化的敏感性最高。Garcia等<sup>[6]</sup>也采用DEXA作为标准方法,研究发现改良的皮褶厚度公式(Garcia, Peterson和Durnin and Womersley [DW]皮褶厚度公式)不能准确的反映出44名超重个体经过4个月减肥训练后其体脂的变化。

### 5 DEXA测量身体成分中存在的问题

DEXA具有很高的准确性和良好的重复性,可作为测定人体组成成分特别是脂肪成分含量的一种准确、可靠方法。然而,同DEXA骨密度测量一样,DEXA测量体成分时也存在一定误差。由于低能X线的薄束会产生X射线的硬化偏差,而硬化偏差的程度与组织的厚度相关,所以被测组织的厚度是影响DEXA准确性的一个潜在因素。Lohman<sup>[37]</sup>指出受试者前后位的厚度和脂肪分布的变化会影响DEXA估计软组织的准确性。而且,不同的DEXA仪器制造商(Hologic、Norland、Lunar)也会影响测试结果。Pritchard等<sup>[38]</sup>采用Hologic QDR和Lunar DPX两种不同的DEXA测试仪,研究

发现Hologic QDR的测试结果要比Lunar DPX低3%。

此外,数据收集方式(笔形束、窄束、排列束)和分析数据的软件等都会影响DEXA测试的精确度。如何降低测量误差在结果数据中的影响,有必要在今后的研究中进行相关测量的精密度试验。

### 6 展望

肥胖的定义为“脂肪组织在体内过度积蓄的状态”,是人体脂肪含量的绝对增加。判断肥胖的理想方法是测量人体脂肪含量,目前尚无条件进行大量的人体尸解法判定人体的脂肪分布和脂肪含量测定,而且,目前我国还没有自己的肥胖诊断标准,所以有关研究人员多年来一直致力于寻求一种安全、简便、科学和准确的测定方法。

DEXA方法测定人体脂肪成分含量是人体测量学的一大发展,是医学及体质测量与评价领域的一项突破。它具有很高的准确性和良好的重复性,可作为测定人体组成成分特别是脂肪成分含量的一种准确、可靠方法,并对肥胖进行有效评价,在临床和科研上具有很高的科学应用价值。可应用于指导减肥的效果判定、各种疾病引起的身体成分特别是体脂含量的变化,观察及肥胖症相关性疾病的预防、治疗,研究药物对人体成分影响的监测等方面。因此DEXA必将作为测量身体成分的一种精确方法发展成为一个标尺,用来评价体成分评价方法的准确度,以期探寻一个更为实用、易行的方法。

作为一种高精度的体成分测量手段,DEXA具有重要的应用价值。随着DEXA测量精密度和测试标准的统一校正等的相关研究发展,DEXA有望如同测量骨密度一样成为国际上公认的体成分测试的金标准。

### 参考文献:

- [1] 马冠生,李艳平,武阳丰,等. 1992至2002年间中国居民超重率和肥胖率的变化[J]. 中华预防医学杂志, 2005, 39(5):311-315.
- [2] 武阳丰,马冠生,胡永华,等. 中国居民的超重和肥胖流行现状[J]. 中华预防医学杂志, 2005, 39(5): 316-320.
- [3] 陈佩杰,王人卫,胡琪琛,等. 体适能评定理论与方法[M]. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社. 2005.
- [4] Lusine Movsesyan, Laszlo B. Tanko, Philip J. Larsen, et al. (2003). Variations in percentage of body fat within different BMI groups in young, middle-aged and old women[J]. *Clin Physiol & Funct Im*, (23):130-133.
- [5] Eston RG, Rowlands AV, Charlesworth S, et al. (2005). Prediction of DEXA-determined whole body fat from skinfolds: importance of including skinfolds from the thigh and calf in young, healthy men and women[J]. *Eur J Clin Nutr*, 59(5):695-702.
- [6] Garcia AL, Wagner K, Einig C, et al. (2006). Evaluation of body fat changes during weight loss by using improved anthropometric predictive equations[J]. *Ann Nutr Metab*, 50(3): 297-304.
- [7] Cameron JR and Sorenson JA. (1963). Measurement of bone mineral in vivo: An improved method[J]. *Science*, 142: 230-232.
- [8] Mazess RB, Peppler WW, Chestnut CH III, et al. (1981). Total body bone mineral and lean body mass by dual photon



- absorptiometry, II: Comparison with total body calcium by neutron activation analysis [J]. *Calcif Tiss Intl*, 33:361-363.
- [9] Mazess RB, Peppler WW, Gibbons M.(1984). Total body composition by dual-photon(<sup>153</sup>Gd) absorptiometry [J]. *Am J Clin Nutr*, 40:834-839.
- [10] Mazess RB, Trempe JA, Bisek JP, et al.(1991). Calibration of dual-energy x-ray absorptiometry for bone density [J]. *J Bone Miner Res*, 6: 799-806.
- [11] Cullum ID, EII PJ, & Ryder JR.(1989). X-ray dual photon absorptiometry: A new method for the measurement of bone density [J]. *Br J Radiol*, 57:845-850.
- [12] Appleton DJ, Rand JS, Sunvold GD.(2000). Plasma leptin concentrations in cats: reference range, effect of weight gain and relationship with adiposity as measured by dual energy X-ray absorptiometry [J]. *J Feline Med Surg*, 2(4):191-200.
- [13] Siri WE.(1961). The gross composition of body [J]. *Advances in biological and medical physics*, 4: 239- 280.
- [14] Kohrt WM.(1995). Body composition by DXA: tried and true? [J]. *Med Sci Sports Exerc*, 27: 1349-53.
- [15] Wendy M. Kohrt.(1997). Dual-Energy X-Ray Absorptiometry: Research Issues and Equipment [J]. *Emerging Technologies for Nutrition Research*. Washington, D.C. *National Academy Press*, 151-167.
- [16] R.H. Nord and R.k. Payne.(1996). Body composition by dual energy X-ray absorptiometry: a review of the technology [J]. *Asia Pacific J Clin Nutr*, 112: 232-237.
- [17] Svendsen OL et al.(1993). Accuracy of measurements of body composition by dual-energy x-ray absorptiometry in vivo [J]. *Am J Clin Nutr*, 57: 605.
- [18] Picaud JC et al.(1996). Evaluation of dual-energy x-ray absorptiometry for body-composition assessment in piglets and term human neonates [J]. *Am J Clin Nutr*, 63: 157.
- [19] Going SB, Massett MP, Hall MC, Bare LA, Root PA, Williams DP, et al. Detection of small changes in body composition by dual-energy x-ray absorptiometry [J]. *Am J Clin Nutr* 1993; 57: 845-50.
- [20] Snijder MB, Visser M, Dekker JM et al.(2002). The prediction of visceral fat by dual-energy X-ray absorptiometry in the elderly: a comparison with computed tomography and anthropometry [J]. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 26(7): 984-93.
- [21] Ley CJ et al.(1992) Sex- and menopause-associated changes in body-fat distribution [J]. *Am J Clin Nutr*, 55: 950.
- [22] Wang QL et al.(1994). Total and regional body-composition changes in early postmenopausal women: age-related or menopause-related. [J]. *Am J Clin Nutr*, 60: 843.
- [23] Yucel A, Noyan V, Sagoz N.(2006). The association of serum androgens and insulin resistance with fat distribution in polycystic ovary syndrome [J]. *世界核心医学期刊文摘. 妇产科学*, 11(2):13-14.
- [24] 陆玉敏, 黄仲奎, 龙莉玲. 人体脂肪含量及分布 DEXA 测量的可行性研究 [J]. *实用放射学杂志*, 2007(1).
- [25] 徐莉, 王忠山, 陈家琦. 用 DEXA 技术测量体成分及可行性研究 [J]. *天津体育学院学报*, 2002, 17(2): 72-73.
- [26] 秦明伟, 余卫, 徐苓, 等. 正常人全身骨量及人体组成变化 (附 292 例 DXA 测量分析) [J]. *中国医学科学院学报*, 2003, 25: 66-69.
- [27] 刘继洪, 杨延斌, 曹海伟, 等. 成年人骨密度、骨量、体重、年龄、身高、脂肪含量相互关系的研究 [J]. *实用医学杂志*, 2002, 18(2): 146-147.
- [28] 刘继洪, 黎慧萍, 杨延斌, 等. 537 例广东成年女性骨密度、骨量、体重、年龄、身高、脂肪含量间相互关系的研究 [J]. *现代医院*, 2006, 7(6): 139-141.
- [29] Beshyah SA et al.(1995). Comparison of measurements of body composition by total body potassium, bioimpedance analysis, and dual-energy x-ray absorptiometry in hypopituitary adults before and during growth hormone treatment [J]. *Am J Clin Nutr*, 61: 1186.
- [30] Jeong S.H, Lee J.A, Kim J.A, et al.(1999). Assessment of body composition using dual energy x-ray absorptiometry in patients with liver cirrhosis: comparison with anthropometry [J]. *Korean J Intern Med*, 14(2): 64.
- [31] 冯波, 倪亚芳, 孙勤, 等. 肥胖的 2 型糖尿病患者体质成分变化及对骨密度的影响 [J]. *中国临床康复*, 2002, 6(5): 702-703.
- [32] 范志强, 朱惠莉, 朱砚萍, 等. 老年慢性阻塞性肺疾病患者静息能量消耗与人体组成的改变 [J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2006, 29(11): 778-779.
- [33] BERTINE, RUIZ JC, MOUROT J, et al.(1998). Evaluation of dual-energy X-Ray absorptiometry for body-composition assessment in rats [J]. *J Nutr*, 9: 1550-1554.
- [34] 弓健, 吴秋莲, 徐浩. 用 DXA 测量大鼠骨密度和身体成分的精确度 [J]. *暨南大学学报(医学版)*, 2006, 27(2): 272-283.
- [35] 戴如春, 廖二元, 杨川, 等. 小剂量 17 $\beta$ -雌二醇对去卵巢大鼠骨密度、体脂及血脂的作用 [J]. *中华内分泌代谢杂志*, 2004, 20(2): 155-157.
- [36] Hunkyung Kim.(1999). Age-related changes of body composition by dual-energy X-ray absorptiometry in Japanese men and women [J]. *Japan J Phys Educ*, 44: 500-509.
- [37] Lohman TG.(1996). Dual energy x-ray absorptiometry [J]. In Roche FFM AF, Heymsfield SB, Lohman TG, editors. *Human body composition*. Champaign, IL: *Human Kinetics*, 63-75.
- [38] Pritchard JE, Nowson CA, Strauss BJ, et al.(1993). Evaluation of dual energy X-ray absorptiometry as a method of measurement of body fat [J], 47(3): 216-28.

(责任编辑: 何聪)