

DXA 骨密度仪在国内标一化回顾性研究

张智海 沈建雄 刘忠厚

摘要: **目的** 由于各种骨密度测量仪器的厂家类别和型号的不同, 国内各地骨密度测量结果不尽相同。为了得到各仪器之间换算公式, 对国内相关文献进行回顾性研究, 真实反映中国人标准化骨密度状况。**方法** 检索自 1994 年至 2004 年 10 月期间国内所有中文期刊中发表的全文文献, 摘录并对 137 929 例次中国女性骨密度测量数据, 按照测量部位分类, 应用 SPSS 统计软件, 得出各类骨密度仪之间的换算公式。**结果** 以国内最多使用的 LUNAR_{DPX-L} 型骨密度仪为代表, 推算出下面换算公式。腰椎正位: $LUNAR_{DPX-L} = NORLAND_{XR} \times 1.102 + 0.00137$, $LUNAR_{DPX-L} = LUNAR_{EXPERT} \times 0.991 + 0.0005$, $LUNAR_{DPX-L} = LUNAR_{DPX-IQ} \times 1.025 + 0.0003$, $LUNAR_{DPX-L} = HOLOGIC_{QDR4500} \times 1.184 + 0.0281$, $LUNAR_{DPX-L} = HOLOGIC_{QDR2000} \times 1.156 + 0.00048$ 。股骨颈: $LUNAR_{DPX-L} = NORLAND_{XR} \times 1.0377 + 0.00026$, $LUNAR_{DPX-L} = LUNAR_{EXPERT} \times 0.965 + 0.00083$, $LUNAR_{DPX-L} = LUNAR_{DPX-IQ} \times 0.986 + 0.00031$, $LUNAR_{DPX-L} = HOLOGIC_{QDR4500} \times 1.142 + 0.00033$, $LUNAR_{DPX-L} = HOLOGIC_{QDR2000} \times 1.126 + 0.00042$ 。股骨的 TROCH 区: $LUNAR_{DPX-L} = NORLAND_{XR} \times 1.137 + 0.0021$, $LUNAR_{DPX-L} = LUNAR_{EXPERT} \times 0.985 + 0.0124$, $LUNAR_{DPX-L} = LUNAR_{DPX-IQ} \times 0.972 + 0.00024$, $LUNAR_{DPX-L} = HOLOGIC_{QDR4500} \times 1.031 + 0.0001$, $LUNAR_{DPX-L} = HOLOGIC_{QDR2000} \times 1.205 + 0.00019$ 。因此, 总的各个仪器之间换算公式为: $LUNAR_{DPX-L} = NORLAND_{XR} \times 1.092 + 0.0012$, $LUNAR_{DPX-L} = LUNAR_{EXPERT} \times 0.980 + 0.00706$, $LUNAR_{DPX-L} = LUNAR_{DPX-IQ} \times 0.994 + 0.00028$, $LUNAR_{DPX-L} = HOLOGIC_{QDR4500} \times 1.119 + 0.0094$, $LUNAR_{DPX-L} = HOLOGIC_{QDR2000} \times 1.162 + 0.00036$ 。**结论** 对中国人进行测量的骨密度结果是可以过一定的系数互换的。回顾性研究能够基本真实反映各个仪器之间的换算公式, 有一定的可信性。可以通过这样的研究方法尝试建立中国人的标准化骨密度 (sBMD)。

关键词: 骨密度测量仪器; DXA; 回顾性研究; 标准化骨密度; 中国人

Retrospective study on standardization of BMD machines in China ZHANG Zhihai, SHEN Jianxiong, LIU Zhonghou. Peking Union Medical College Hospital. Beijing 100730, China

Abstract: **Objective** To find out a conversion formula among many different kinds of BMD machines used in China in order to be able to analyze the existed data. **Methods** All full-text articles published in Chinese cultures since 1994 to October 2004 were retrospective collected. The BMD results of 137929 Chinese women were analyzed together according to different part of the bones. **Results** According to the results of LUNAR_{DPX-L} which is most popularly used, the following conversion formula was achieved: In lumbar post-anterior film, $LUNAR_{DPX-L} = NORLAND_{XR} \times 1.102 + 0.00137$, $LUNAR_{DPX-L} = LUNAR_{EXPERT} \times 0.991 + 0.0005$, $LUNAR_{DPX-L} = LUNAR_{DPX-IQ} \times 1.025 + 0.0003$, $LUNAR_{DPX-L} = HOLOGIC_{QDR4500} \times 1.184 + 0.0281$, $LUNAR_{DPX-L} = HOLOGIC_{QDR2000} \times 1.156 + 0.00048$. In femoral neck, $LUNAR_{DPX-L} = NORLAND_{XR} \times 1.0377 + 0.00026$, $LUNAR_{DPX-L} = LUNAR_{EXPERT} \times 0.965 + 0.00083$, $LUNAR_{DPX-L} = LUNAR_{DPX-IQ} \times 0.986 + 0.00031$, $LUNAR_{DPX-L} = HOLOGIC_{QDR4500} \times 1.142 + 0.00033$, $LUNAR_{DPX-L} = HOLOGIC_{QDR2000} \times 1.126 + 0.00042$. In femoral TROCH area, $LUNAR_{DPX-L} = NORLAND_{XR} \times 1.137 + 0.0021$, $LUNAR_{DPX-L} = LUNAR_{EXPERT} \times 0.985 + 0.0124$, $LUNAR_{DPX-L} = LUNAR_{DPX-IQ} \times 0.972$

作者单位: 100012 北京航空工业中心医院骨科 (张智海); 中国协和医科大学 北京协和医院骨科 (沈建雄) 中国老年学学会骨质疏松委员会 (刘忠厚)

通讯作者: 沈建雄 Email: shenjian xiong @ med mail. com. cn

+0.00024, $LUNAR_{DPX-L} = HOLOGIC_{QDR4500} \times 1.031 + 0.0001$, $LUNAR_{DPX-L} = HOLOGIC_{QDR2000} \times 1.205 + 0.00019$. The conversion formula were: $LUNAR_{DPX-L} = NORLAND_{XR} \times 1.092 + 0.0012$, $LUNAR_{DPX-L} = LUNAR_{EXPERT} \times 0.980 + 0.00706$, $LUNAR_{DPX-L} = LUNAR_{DPX-IQ} \times 0.994 + 0.00028$, $LUNAR_{DPX-L} = HOLOGIC_{QDR4500} \times 1.119 + 0.0094$, $LUNAR_{DPX-L} = HOLOGIC_{QDR2000} \times 1.162 + 0.00036$. **Conclusions** The conversion formula between different BMD machines makes it possible to set up a Chinese standard bone mineral density.

Key words: Measuring machine of BMD; DXA; Retrospective research; Standardization BMD; Chinese

随着我国人们生活水平提高及人口老龄化, 骨质疏松症逐渐成为重要的公共卫生问题。由于中国人口众多, 地域广阔, 人们生活环境及遗传背景不同, 同时各地用于骨密度测量的仪器型号不同, 不同的双能 X 线骨密度仪所测的 BMD 值存在不同程度的偏差, 使骨质疏松症诊断的骨密度参考值不尽一致, 为资料和流行病学比较研究造成一定困难。本研究试图通过对我国各地骨质疏松症流调人群正常骨密度值进行回顾性研究, 并推算出基本真实反映各个仪器之间的换算公式, 并希望通过这样的研究方法尝试建立中国人的标准化骨密度 (sBMD)。

1 材料和方法

1.1 材料来源

通过检索自 1994 年至 2004 年 10 月在国内各医学杂志公开发表的 DXA 法测量骨密度的相关医学文献^[1-50], 调阅所有文献全文, 分别将各个论文中发表的表格中骨密度测量数据进行摘录、计算、统计。其他种类骨密度检测方法, 如 RA 法、QCT 法、pQCT 法和超声测量法暂时在本文中不进行统计分析。由于国际上基本认同腰椎侧位和股骨 Ward 区的骨密度测量数据不能较好的反映真实骨密度, 因此, 对文献中的腰椎侧位和股骨 Ward 区的骨密度测量数据也没有统计在内。本研究获得总计 137929 例次女性患者测量骨密度的数据 (仅包括腰椎正位、股骨颈和股骨 Troch 区的数据)。其中 $LUNAR_{DPX-L}$ 骨密度仪的测量结果有 46744 例次、

$NORLAND_{XR}$ 骨密度仪的测量结果有 13812 例次、 $LUNAR_{EXPERT}$ 骨密度仪的测量结果有 20748 例次、 $LUNAR_{DPX-IQ}$ 骨密度仪的测量结果有 5507 例次、 $HOLOGIC_{QDR4500}$ 骨密度仪的测量结果有 42158 例次、 $HOLOGIC_{QDR2000}$ 骨密度仪的测量结果有 8960 例次。另外, 同时统计了男性患者测量结果有 76207 例次, 因为远远少于女性患者测量数据, 暂时不对其进行分类对比计算。

1.2 方法

统计软件: 使用 SPSS11.0 和 EXCEL2000。建立相关数据库, 对文献原文中的所有数据直接摘录, 对所有录入数据进行分类, 不同部位和不同仪器数据分列, 不能混合在一起。计算各组数据的均值和标准差, 将初步计算的结果, 按照仪器类型, 计算出不同年龄段、不同部位、不同仪器之间测量结果的换算公式, 列出相应表格, 描记相应曲线。同时根据不同年龄段的换算公式推算出平均换算公式及最后的各类型仪器总的换算公式。

2 结果

各个仪器在各个测量部位、各个年龄段具体骨密度数据详见表 1~5。统计数据表明, 国内女性骨密度的峰值发生在 30 岁左右, 不同年龄段骨密度数据也同样反映了比较客观的中国女性实际情况。

按照上述方法计算得到的结果, 以国内最多使用的 $LUNAR_{DPX-L}$ 型骨密度仪为代表, 推算出下面换算公式 (表 6)。LUNAR 各个型号之间的可比性很好, 差异不大。

表 1 $LUNAR_{DPX-L}$ (46744 例次) 与 $NORLAND_{XR}$ 骨密度仪的标一化计算 (13812 例次)

$LUNAR_{DPX-L}$				$NORLAND_{XR}$			
L_{2-4}	n	Mean	SD	n	Mean	SD	
20~	1550	1.1286	0.0420	343	1.0017	0.0430	$LUNAR_{DPX-L} = NORLAND_{XR} \times 1.126 + 0.0069$
30~	2410	1.1578	0.0422	867	1.0438	0.0392	$LUNAR_{DPX-L} = NORLAND_{XR} \times 1.109 + 0.0002$
40~	4650	1.1178	0.0450	2502	1.0100	0.0389	$LUNAR_{DPX-L} = NORLAND_{XR} \times 1.107 + 0.00074$
50~	8054	0.9980	0.0469	1637	0.9240	0.0430	$LUNAR_{DPX-L} = NORLAND_{XR} \times 1.080 + 0.00008$
60~	8285	0.8955	0.0656	835	0.8140	0.0420	$LUNAR_{DPX-L} = NORLAND_{XR} \times 1.100 + 0.0001$

续 表

LUNAR-DPX-L				NORLAND-XR			
L ₂₋₄	n	Mean	SD	n	Mean	SD	
70~	4361	0.8635	0.0639	240	0.7920	0.0874	LLINAR _{DPX-L} =NORLAND _{-XR} ×1.090+0.00022
80~	1084	0.8019	0.0576	18	0.6260	0.0540	LUNA _{DPX-L} =NORLAND _{-XR} ×1.280+0.00062
90~	170	0.8640	0.1316				
				平均公式:		LUNA _{DPX-L} =NORLAND _{-XR} ×1.102+0.00137	
NECK	n	Mean	SD	n	Mean	SD	
20~	490	0.9133	0.1075	159	0.8668	0.0054	LUNA _{DPX-L} =NORLAND _{-XR} ×1.053+0.00056
30~	718	0.9386	0.0363	390	0.9006	0.0065	LUNA _{DPX-L} =NORLAND _{-XR} ×1.042+0.00017
40~	1065	0.8926	0.0382	1730	0.8653	0.0025	LUNA _{DPX-L} =NORLAND _{-XR} ×1.031+0.000047
50~	1702	0.7996	0.0385	940	0.7954	0.0091	LUNA _{DPX-L} =NORLAND _{-XR} ×1.005+0.00022
60~	2223	0.7072	0.0345	364	0.7026	0.0048	LUNA _{DPX-L} =NORLAND _{-XR} ×1.006+0.00038
70~	1456	0.6544	0.0470	91	0.6138	0.0300	LUNA _{DPX-L} =NORLAND _{-XR} ×1.066+0.00009
80~	401	0.5981	0.0203	11	0.5634	0.1072	LUNA _{DPX-L} =NORLAND _{-XR} ×1.061+0.00033
90~	35	0.5820	0.0129				
				平均公式:		LUNA _{DPX-L} =NORLAND _{-XR} ×-1.0377+0.00026	
TROCH	n	Mean	SD	n	Mean	SD	
20~	490	0.7541	0.0663	159	0.6913	0.0047	LUNA _{DPX-L} =NORLAND _{-XR} ×1.09+0.000583
30~	718	0.7752	0.0663	390	0.7171	0.0213	LUNA _{DPX-L} =NORLAND _{-XR} ×1.081+0.000015
40~	1065	0.7520	0.0716	1730	0.6817	0.0066	LUNA _{DPX-L} =NORLAND _{-XR} ×1.103+0.000085
50~	1702	0.6848	0.0520	940	0.6158	0.0506	LUNA _{DPX-L} =NORLAND _{-XR} ×1.112+0.00003
60~	2223	0.6188	0.0579	364	0.5370	0.0678	LUNA _{DPX-L} =NORLAND _{-XR} ×1.152+0.00017
70~	1456	0.5785	0.0690	91	0.4629	0.0380	LUNA _{DPX-L} =NORLAND _{-XR} ×1.249+0.00033
80~	401	0.5447	0.0279	11	0.4499	0.0730	LUNA _{DPX-L} =NORLAND _{-XR} ×1.176+0.0156
90~	35	0.4998	0.0099				
				平均公式:		LUNA _{DPX-L} =NORLAND _{-XR} ×1.137+0.0021	
				总平均公式: LUNA _{KDPX-L} =NORLAND _{-XR} ×1.092+0.0012			

注: L₂₋₄为腰椎正位测量数据; NECK 为股骨颈测量数据; TROCH 为股骨 Troch 区测量数据; n 为所摘录的样本量 (单位: 例次); Mean 为均数 (单位: g/cm²); SD 为标准差

表 2 LUNAR-DPX-L (46744 例次) 与 LUNAR-EXPERT 骨密度仪的标一化计算 (20748 例次)

LUNAR-DPX-L				LUNAR-EXPERT			
L ₂₋₄	n	Mean	SD	n	Mean	SD	
20~	1550	1.1286	0.0420	174	1.0805	0.0714	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×1.044+0.00056
30~	2410	1.1578	0.0422	726	1.1633	0.0118	LLINAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.995+0.00031
40~	4650	1.1178	0.0450	2522	1.1305	0.0215	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.988+0.00086
50~	8054	0.9980	0.0469	2964	1.0248	0.0342	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.973+0.00086
60~	8285	0.8955	0.0656	3368	0.9328	0.0409	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.960+0.00001
70~	4361	0.8635	0.0639	1026	0.8634	0.0527	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×1.000+0.00024
80~	1084	0.8019	0.0576	128	0.8173	0.0868	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.981+0.00061
90~	170	0.8640	0.1316				
				平均公式:		LuNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.991+0.0005	
NECK	n	Mean	SD	n	Mean	SD	
20~	490	0.9133	0.1075	87	0.9310	0.0269	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.980+0.0326
30~	718	0.9386	0.0363	329	0.9667	0.0250	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.970+0.0244
40~	1065	0.8926	0.0382	1146	0.9240	0.0121	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.966+0.00001
50~	1702	0.7996	0.0385	1332	0.8433	0.0163	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.948+0.00015
60~	2223	0.7072	0.0345	1027	0.7383	0.0277	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.958+0.00046
70~	1456	0.6544	0.0470	333	0.6625	0.0388	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.987+0.00032
80~	401	0.5981	0.0203	32	0.6280	0.0620	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.952+0.00022
90~	35	0.5820	0.0129				
				平均公式:		LuNARDPX-L=LUNAR _{-EXPERT} ×0.965+0.00083	
TROCH	n	Mean	SD	n	Mean	SD	
20~	490	0.7541	0.0663	87	0.7455	0.0290	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×1.011+0.0332
30~	718	0.7752	0.0663	329	0.7584	0.0171	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×1.022+0.0520
40~	1065	0.7520	0.0716	1146	0.7563	0.0062	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.994+0.0002
50~	1702	0.6848	0.0520	1332	0.6935	0.0120	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.987+0.0003
60~	2223	0.6188	0.0579	1027	0.6263	0.0102	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.988+0.00001
70~	1456	0.5785	0.0690	333	0.5948	0.0227	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.972+0.00035
80~	401	0.5447	0.0279	32	0.5870	0.0812	LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.927+0.00055
90~	35	0.4998	0.0099				
				平均公式:		LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.985+0.0124	
				总平均公式: LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{-EXPERT} ×0.980+0.00706			

表 3 LUNAR_{DPX-L} (46744 例次) 与 LUNAR_{DPX-IQ} 骨密度仪的标一化计算 (5507 例次)

LUNAR _{DPX-L}				LUNAR _{DPX-IQ}			
L2-4	n	Mean	SD	n	Mean	SD	
20~	1550	1.1286	0.0420	489	1.0850	0.0778	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 1.040 + 0.0002
30~	2410	1.1578	0.0422	545	1.1350	0.0778	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 1.020 + 0.0001
40~	4650	1.1178	0.0450	578	1.0650	0.0778	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 1.049 + 0.0006
50~	8054	0.9980	0.0469	586	0.9550	0.0354	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 1.045 + 0.00002
60~	8285	0.8955	0.0656	527	0.8900	0.0000	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 1.006 + 0.00016
70~	4361	0.8635	0.0639	118	0.8500	0.0424	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 1.015 + 0.00075
80~	1084	0.8019	0.0576	24	0.8000		LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 1.002 + 0.0003
90~	170	0.8640	0.1316				
平均公式:							LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 1.025 + 0.0003
NECK	n	Mean	SD	n	Mean	SD	
20~	490	0.9133	0.1075	228	0.9500	0.1000	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 0.961 + 0.00035
30~	718	0.9386	0.0363	252	0.9400	0.1100	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 0.998 + 0.00048
40~	1065	0.8926	0.0382	270	0.9200	0.1200	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 0.970 + 0.0002
50~	1702	0.7996	0.0385	272	0.8200	0.1300	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 0.975 + 0.0001
60~	2223	0.7072	0.0345	244	0.7100	0.1000	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 0.996 + 0.00004
70~	1456	0.6544	0.0470	42	0.6500	0.1300	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 1.006 + 0.0005
80~	401	0.5981	0.0203	12	0.6000	0.1100	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 0.996 + 0.0005
90~	35	0.5820	0.0129				
平均公式:							LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 0.986 + 0.00031
TROCH	n	Mean	SD	n	Mean	SD	
20~	490	0.7541	0.0663	228	0.8000	0.1000	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 0.942 + 0.0005
30~	718	0.7752	0.0663	252	0.7600	0.1100	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 1.020 + 0.0000
40~	1065	0.7520	0.0716	270	0.7300	0.1100	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 1.030 + 0.0001
50~	1702	0.6848	0.0520	272	0.7000	0.1100	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 0.978 + 0.00056
60~	2223	0.6188	0.0579	244	0.6400	0.1100	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 0.966 + 0.00022
70~	1456	0.5785	0.0690	42	0.6100	0.1600	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 0.948 + 0.00022
80~	401	0.5447	0.0279	12	0.5900	0.1600	LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 0.923 + 0.00013
90~	35	0.4998	0.0099				
平均公式:							LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 0.972 + 0.00024
总平均公式:							LUNAR _{DPX-L} = LUNAR _{DPX-IQ} × 0.994 + 0.00028

表 4 LUNAR_{DPX-L} (46744 例次) 与 HOLOGIC_{QDR4500} 骨密度仪的标一化计算 (44524 例次)

LUNAR _{DPX-L}				HOLOGIC _{QDR4500}			
L2-4	n	Mean	SD	n	Mean	SD	
20~	1550	1.1286	0.0420	3383	0.9370	0.0217	LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.204 + 0.0004
30~	2410	1.1578	0.0422	4775	0.9903	0.0525	LLINAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.169 + 0.0001
40~	4650	1.1178	0.0450	9633	0.9623	0.0336	LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.161 + 0.0005
50~	8054	0.9980	0.0469	5517	0.8590	0.0020	LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.161 + 0.0007
60~	8285	0.8955	0.0656	4555	0.7353	0.0110	LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.217 + 0.0006
70~	4361	0.8635	0.0639	2291	0.7213	0.0081	LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.197 + 0.0001
80~	1084	0.8019	0.0576	596	0.6765	0.0092	LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.185 + 0.0173
90~	170	0.8640	0.1316				
平均公式:							LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.184 + 0.0281
NECK	n	Mean	SD	n	Mean	SD	
20~	490	0.9133	0.1075	614	0.7930	0.0061	LLINAR _{DPX-L} HOILOGIC _{QDR4500} × 1.151 + 0.0005
30~	718	0.9386	0.0363	860	0.8050	0.0017	LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.165 + 0.0007
40~	1065	0.8926	0.0382	1767	0.7870	0.0035	LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.134 + 0.0001
50~	1702	0.7996	0.0385	1044	0.7307	0.0012	LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.094 + 0.0002
60~	2223	0.7072	0.0345	845	0.6417	0.0144	LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.102 + 0.00004
70~	1456	0.6544	0.0470	441	0.5880	0.0137	LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.112 + 0.0005
80~	401	0.5981	0.0203	136	0.4813	0.0108	LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.242 + 0.0003
90~	35	0.5820	0.0129				
平均公式:							LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.142 + 0.00033
TROCH	n	Mean	SD	n	Mean	SD	
20~	490	0.7541	0.0663	614	0.7687	0.1865	LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 0.981 + 0.0000
30~	718	0.7752	0.0663	860	0.7660	0.2200	LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.012 + 0.000
40~	1065	0.7520	0.0716	1767	0.7557	0.2159	LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 0.995 + 0.00007
50~	1702	0.6848	0.0520	1041	0.7060	0.2104	LLINAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 0.969 + 0.0006
60~	2223	0.6188	0.0579	845	0.6187	0.2107	LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.000 + 0.0001
70~	1456	0.5785	0.0690	441	0.5577	0.1676	LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.037 + 0.0001
80~	401	0.5447	0.0279	136	0.4450	0.1576	LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.224 + 0.0002
90~	35	0.4998	0.0099				
平均公式:							LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.031 + 0.0001
总平均公式:							LUNAR _{DPX-L} = HOLOGIC _{QDR4500} × 1.119 + 0.0094

表 5 LUNAR_{DPX-L} (46744 例次) 与 HOLOGIC_{QDR2000} 密度仪的标一化计算 (9059 例次)

LUNAR _{DPX-L}				HOLOGIC _{QDR4500}			
L ₂₋₄	n	Mean	SD	n	Mean	SD	
20~	1550	1.1286	0.0420	394	0.9320	0.1090	LUNAR _{DPX-L} TMHOLOGIC _{QDR2000} ×1.210+0.00088
30~	2410	1.1578	0.0422	560	0.9890	0.0960P	LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.170+0.00067
40~	4650	1.1178	0.0450	1077	0.9820	0.1070	LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.138+0.00028
50~	8054	0.9980	0.0469	1084	0.8900	0.1220	LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.121+0.00031
60~	8285	0.8955	0.0656	356	0.7620	0.1090	LUNAR _{DPX-L} =HOL061C _{QDR2000} ×1.176+0.0006
70~	4361	0.8635	0.0639	393	0.7430	0.1170	1UNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.162+0.00036
80~	1084	0.8019	0.0576	30	0.7170	0.0960	LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.118+0.00029
90~	170	0.8640	0.1316				
平均公式:							LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.156+0.00048
NECK	n	Mean	SD	n	Mean	SD	
20~	490	0.9133	0.1075	211	0.8020	0.1100	LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.138+0.0006
30~	718	0.9386	0.0363	294	0.7740	0.0900	LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.212+0.0005
40~	1065	0.8926	0.0382	554	0.8010	0.1070	LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.114+0.0002
50~	1702	0.7996	0.0385	561	0.7440	0.1070	LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.074+0.0005
60~	2223	0.7072	0.0345	444	0.6300	0.0830	LLINAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.122+0.00034
70~	1456	0.6544	0.0470	204	0.5880	0.0860	LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.112+0.0005
80~	401	0.5981	0.0203	15	0.5380	0.0490	LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.111+0.0003
90~	35	0.5820	0.0129				
平均公式:							LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.126+0.00042
TROCH	n	Mean	SD	n	Mean	SD	
20~	490	0.7541	0.0663	211	0.6540	0.0980	LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.153+0.00003
30~	718	0.7752	0.0663	294	0.6250	0.0730	LLINAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.240+0.0002
40~	1065	0.7520	0.0716	554	0.6380	0.0800	LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.178+0.00043
50~	1702	0.6848	0.0520	561	0.5970	0.0880	LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.147+0.00004
60~	2223	0.6188	0.0579	444	0.5080	0.0720	LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.2+180.00005
70~	1456	0.5785	0.0690	204	0.4670	0.0800	LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.238+0.0003
80~	401	0.5447	0.0279	15	0.4310	0.0600	LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.263+0.0003
90~	35	0.4998	0.0099				
平均公式: LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.205+0.00019 总平均公式: LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.162+0.00036							

表 6 各种骨密度仪对中国人各个检测部位的换算公式

SPINE	L ₂₋₄	NECK
LUNAR _{DPX-L} =NORLAND _{XR} ×1.102+0.00137		LUNAR _{DPX-L} =NORLAND _{XR} ×1.0377+0.00026
LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{EXPERT} ×0.991+0.0005		LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{EXPERT} ×0.965+0.00083
LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{DPX-IQ} ×1.025+0.0003		LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{DPX-IQ} ×0.986+0.00031
LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR4500} ×1.184+0.0281		LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR4500} ×1.142+0.00033
LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.156+0.00048		LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.126+0.00042
TROCH		AVERAGE CONVERSION FORMULAS
LUNAR _{DPX-L} =NORLAND _{XR} ×1.137+0.0021		LUNAR _{DPX-L} =NORLAND _{XR} ×1.092+0.0012
LUNAR _{DPX-L} =LLINAR _{EXPERT} ×0.985+0.0124		LUNAR _{DPX-L} =LLINAR _{EXPERT} ×0.980+0.00706
LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{DPX-IQ} ×0.972+0.00024		LUNAR _{DPX-L} =LUNAR _{DPX-IQ} ×0.994+0.00028
LUNAR _{DPX-L} =HOLLOGIC _{QDR4500} ×1.031+0.0001		LUNA _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR4500} ×1.119+0.0094
LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.205+0.00019		LUNAR _{DPX-L} =HOLOGIC _{QDR2000} ×1.162+0.00036

同时本文发现上述换算公式基本上与日本推出的各类仪器换算公式 (见表 7) 大致相同, 但是与美国推出的换算公式有些差异, 可能是种族和饮食、文化不同造成的差异。

3 讨论

在多中心参与的全国骨质疏松症流行病学调查中, BMD 测量来源于不同厂家和仪器, 同时测量操作人员和技术水平都可能会影响骨质疏松症的评价

结果。尤其对我国 13 亿人口的大国来说, 统一骨密度测量数据有非常重要的现实意义。一旦这类换算公式得到广泛认同, 可以直接推出适合于中国人的标准化骨密度值 (sBMD)。这样便于所有研究机构、医疗单位之间测量结果的互换、换算、对比, 直至得出准确的骨质疏松症的诊断标准, 从而使 BMD 测量结果具有可比性, 尽可能准确地评估 BMD 检查在骨质疏松症流行病学和临床药物检验上的意义, 有利于骨质疏松症的诊断和治疗。

目前, 比较简便有效的方法则是应用腕部和腰

椎骨密度转化公式将不同厂家仪器所测的 BMD 值转化成标准化 BMD 值 (sBMD)。该转化公式由国际骨测量标准化委员会 (ICSBM) 和国际双光子 X 线骨密度仪标准化委员会 (IDSC) 推荐并在此基础上又进一步完善, 使 Lunar, Norland 和 Hologic 三种厂家所测的 sBMD 之间的差异减少到最低的程度。其推导换算公式的方法是以三个厂家的仪器对一种腰椎标准体模进行测量, 得到的测量结果再进行相互之间的计算, 得到换算公式, 并不是以人体上得到的实际数据来进行换算。本研究尝试通过对目前国内已经发表的相关文献和数据进行回顾性研究, 逆向推导出各类型骨密度仪之间的换算公式, 这样能够通过大样本量的统计分析, 消除中国人地域差异、民族差异和测量操作人员和技术水平差异, 更真实、准确的得出适合中国人的换算公式, 也就是所谓的骨密度仪的标一化公式

文献中^[51,52]报道的 Lunar, Norland 和 Hologic

三种厂家所测的 sBMD 之间的差异, 在腰椎正位测量时, NORLAND-XR 与 LUNAR-DPX-L 之间差距是 0.118g/cm², 大约 12.2%, 后者高于前者。LUNAR-DPX-L 与 HOLOGIC-QDR-2000 之间的差距是 0.113 g/cm², 大约为 11.7%, LUNAR-DPX-L 的数据比较高。在 NORLAND-XR 与 HOLOGIC-QDR-2000 之间的差距是 0.012g/cm², 大约为 1.3%。而本研究中 NORLAND-XR 与 LUNAR-DPX-L 之间差距是 0.114g/cm², 大约 10.2%, 后者高于前者。LUNAR-DPX-L 与 HOLOGIC-QDR-2000 之间的差距是 0.168g/cm², 大约为 15.6%, LUNAR-DPX-L 的数据比较高。在 NORLAND-XR 与 HOLOGIC-QDR-2000 之间的差距是 0.055g/cm², 大约为 4.9%, NORLAND-XR 有些偏高。本研究的数据基本上与三个厂家公布的差异大致相同, 所出现的偏差可能与中国人实际骨密度情况与国外人种情况不同所致。

表 7 各种骨密度仪对日本人、美国人各个检测部位的换算公式

日本换算公式		美国换算公式	
Spine	DPX-L=1.2107×QDR-1000-0.0512 XR-26=1.0969×QDR-1000-0.1056 QDR-2000=0.9602×QDR-1000+0.0161 QDR-4500=0.9974×QDR-2000-0.0124 EXP-5000=1.0243×DPX-L-0.0120	Spine	HologicQDR-2000=(0.906×LunarDPX-L)-0.025 HologicQDR-2000=(0.912×NorlandXR26)+0.088 LunarDPX-L=(1.074×HologicQDR-2000)+0.054 LunarDPX-L=(0.995×NorlandXR26)+0.135 NorlandXR26=(0.983×LunarDPX-L)-0.012 NorlandXR26=(1.068×HologicQDR-2000)-0.070
Neck	DPX=1.294×QDR-1000-0.092 Xγ=1.142×QDR-1000-0.120 EXP-5000=1.018×DPX=0.0519 QDR-1000=1.007×QDR-2000-0.011 QDR4500=0.960×QDR-2000+0.031	Neck	HologicQDR-2000=(0.836×LunarDPX-L)-0.008 HologicQDR-2000=(0.836×NorlandXR26)+0.051 LunarDPX-L=(1.013×HologicQDR-2000)+0.142 LunarDPX-L=(0.945×NorlandXR26)+0.115 NorlandXR26=(0.961×LunarDPX-L)-0.037 NorlandXR26=(1.030×HologicQDR-2000)+0.058
Troch	DPX=1.190×QDR-1000+0.001 Xγ=1.118×QDR-1000-0.045 QDR1000=1.037×QDR-2000+0.025 QDR-4500=0.989×QDR-2000+0.017		

注: 日本资料摘自福永仁夫, 申田一博. 骨密度测定仪器互换性研究委员会成果报告 Osteoporosis Japan, 2002, 10 (3): 41-42.

美国资料摘自 American society for bone and mineral research. Journal of Bone and Mineral Research. 1977, 12: 1316-1317.

本文同时统计了男性患者测量结果有 76207 例次, 因为少于女性患者测量数据, 如果再按照测量部位、测量仪器类型、年龄段分类, 各个组的数据量和文献数量就会比较少, 对于统计来说, 会人为造成结果的不准确, 因此暂时不对其进行分类对比计算。不过, 这次男性的统计数据反映出国内临床中测量骨密度的男女比例基本是 1:2 的客观事实。说明男性在骨矿研究中的实际参与情况要明显少于女性。

4 结论

本文通过国内相关文献的回顾性研究, 提出各地对国人进行测量的骨密度结果是可以经过一定的系数互换的。回顾性研究能够基本真实反映各个仪器之间的换算公式, 有一定的可信性。并且可以通过这样的研究方法尝试建立中国人统一的标准骨密度值 (sBMD)。当然, 这种研究需要进一步深入下去, 进一步扩大统计样本量, 希望各位同道积极参

与探讨、研究,直至得到适合中国国情的标准骨密度值。

【参 考 文 献】

- [1] 蒋磊,陈福康,黄吟华.前臂远端 1/3 和 1/10 部位骨密度测量及临床意义.现代康复,2001,5 (12): 108-109.
- [2] 郭庆升,张世斌,李征,等.沈阳地区 537 例正常人双能 X 线骨密度测量结果.中国骨质疏松杂志,1996,2 (3): 70-72.
- [3] 余卫,秦明伟,徐苓,等.正常人腰椎骨密度变化(附 445 例双能 X 线骨密度仪测量分析).中华放射学杂志,1996,30 (9): 526-530.
- [4] 包丽华,郑茂铨,颜爱霞.绝经后妇女腰椎和髌部骨密度变化的临床研究及意义实用.老年医学,1997,11: 219-221.
- [5] 杨健,倪少凯,苏敏,等.骨密度随增龄变化及其测定影响因素的初步探讨.中华放射学杂志,1998,32 (9): 639-640.
- [6] 陶国枢,吴青,张京立,等.老年骨质疏松症诊断标准探讨.中国骨质疏松杂志,1997,3: 6-9.
- [7] 张东,姚安晋,刘陈学,等.正常人股骨颈骨密度变化(附 425 例双能 X 线骨密度仪测量分析).实用放射学杂志,1999,15: 676-680.
- [8] 李金祥,马锦富,吴进,等.成都市 1920 例骨痛女性骨密度的研.现代预防医学,2000,27: 83-85.
- [9] 陈洪.贵阳地区 1055 例骨密度检测分析.贵阳医学院学报,2000,25: 142-143.
- [10] 李兰,周倜,邵晋康.太原市健康人腰椎骨密度研究.中国骨质疏松杂志,2000,6: 51-53.
- [11] 廖二元,伍贤平,邓小戈.对中国长沙地区女性骨密度情况的调查.中华内分泌代谢杂志,2000,16: 203-208.
- [12] 刘崇静,孙积惠,杨晋才.不同区域骨密度值对原发骨质疏松症诊断影响.中华骨科杂志,1999,19: 723-725.
- [13] 姜岩,苗莉,刘忠厚.中国女性前臂骨密度正常值与原发骨质疏松症发生率的研究.中国骨质疏松杂志,2000,6: 30-31.
- [14] 吴胜勇,祁吉,李景学.健康及髌关节骨折老年妇女股骨颈骨密度的比较.中国临床解剖学杂志,2001,19: 50-51.
- [15] 刘志成,王晓红.河南地区正常人腰椎侧位及侧位区域骨密度的检测分析.中国骨质疏松杂志,2001,7: 136-137.
- [16] 孟国凡,任雪梅,向荣.贵州六盘水市 747 例成人桡骨双能 X 线骨密度检测分析.遵义医学院学报,2001,24: 59-60.
- [17] 李晓娟,范宏斌,张晓峰,等.门诊下腰痛患者骨密度评价.第四军医大学学报,2001,22: 1048-1050.
- [18] 卓铁军,周明秀,申志祥.1600 例双能 X 线骨密度测定及诊断标准的探讨.中国骨质疏松杂志,1999,5: 13-17.
- [19] 唐海,罗先正,任素梅,等.中国人原发性骨质疏松症诊断标准探讨.中国骨质疏松杂志,1997,3 (4): 1-6.
- [20] 李宁华,区品中,杨定焯,等.中国四地区一般人群骨密度抽样研究.中国公共卫生,2001,17: 917-918.
- [21] 彭涛,齐昆,刘建勤,等.武汉地区成年人腰椎骨密度调查分析.现代医学,2002,30: 74-77.
- [22] 廖二元,伍贤平,邓小戈,等.国长沙地区女性多骨骼部位骨密度参考值横断面调查.中国骨质疏松杂志,2002,8: 97-103.
- [23] 刘志成,王晓红.河南地区正常人腰椎前后位和侧位及侧位中部区域骨密度的检测分析.中国骨质疏松杂志,2002,8: 102-104.
- [24] 李宁华,区品中,朱汉民,等.中国多中心健康人群标准化骨密度正常参考值分析.中国老年学杂志,2002,22: 3-7.
- [25] 侯素敏,李晓娟,薛健,等.陕西地区正常人骨密度测量结果分析.第四军医大学学报,2002,23: 1115-1117.
- [26] 黄琪仁,周琦,陆敬辉,等.2111 例上海健康女性母密度值测定与年龄相关骨丢失的研究.中国骨质疏松杂志,2002,8: 191-195.
- [27] 冷文川,张美荣,刘燕,等.腰椎侧位骨密度测定的应用价值研究.中国运动医学杂志,2002,21: 235-238.
- [28] 陈志信,徐香玖,黄刚,等.甘肃兰州地区 491 例双能 X 线骨密度测定分析.中国骨质疏松杂志,2003,9: 71-74.
- [29] 马锦富,李金祥,杨定焯.成都地区 1835 例女性骨密度研究.中国骨质疏松杂志,1999,5: 63-67.
- [30] 吴青,陶国枢,刘晓玲,等.北京市区 1333 人双能 X 线骨密度测定及骨质疏松患病情况调查.中国骨质疏松杂志,1995,1: 76-79.
- [31] 吴青,陶国枢,牟善初,等.腰椎前后位骨密度检测结果的正确评价.中华老年医学杂志,1998,17 (2): 83-86.
- [32] 王文志,赵立强,廖海鹰,等.用骨质疏松骨折的骨密度变化来探讨骨质疏松诊断标准.中国骨质疏松杂志,2003,9: 326-329.
- [33] 朱继华,刘莹,张卫国,等.腰椎侧位骨密度在骨质疏松症诊断中的应用.中国骨质疏松杂志,2003,9: 230-234.
- [34] 李瑾,尹大庆,朱玲,等.正常人腰椎正位骨密度测量结果分析.中国骨质疏松杂志,2002,8: 121-123.
- [35] 江毅,刘智,肖联平,等.天津地区 1695 例骨密度调查研究.中国骨质疏松杂志,2004,10: 56-59.
- [36] 卓铁军,周明秀,申志祥.南京地区 5168 人双能 X 线骨密度测定分析.中国骨质疏松杂志,2002,8: 104-107.
- [37] 赵燕,叶万忠,范益平,等.无锡地区骨密度监测结果分析.中国骨质疏松杂志,2002,8: 126-128.
- [38] 余卫,秦明伟,徐苓,等.正常人股骨近端骨密度变化(附 445 例双能 X 线骨密度仪测量分析).中华放射学杂志,1998,32: 23-26.
- [39] 郭庆升,孙国强,张世斌,等.应用 X 线骨密度仪对辽宁地区正常人群骨密度的流行病学调查.中国骨质疏松杂志,2002,8: 107-109.
- [40] 秦林林,马海波,张卫等.中国北方汉族健康人骨密度正常值.中国骨质疏松杂志,2002,8: 110-103.
- [41] 吴青,陶国枢,牟善初,等.以腰椎前后位骨矿含量、面积估价骨密度的测量准确性.中国骨质疏松杂志,1998,4: 5-8.
- [42] 邓小戈,廖二元,武贤平,等.中国女性股骨颈和 WARD 区骨密度特点研究.湖南医科大学学报,2000,25: 95-98.

分化。IRS-1. 鼠出现骨转换率下降的低骨量, 它的骨形成和骨吸收都下降^[3]。而 IRS-2 在促进骨形成、抑制骨吸收中起重要作用。IRS-2 小鼠的骨形成下降。骨基质合成受影响, 如 I 型胶原酶、碱性磷酸酶、骨钙素、骨桥蛋白等水平都是下降的, RANKL 和基质金属蛋白酶-13 (matrix metalloproteinase-13 MM P-13) 是增加的, 使骨吸收增加。IRS-2. 鼠出现骨转换增加的低骨量, 骨形成下降而骨吸收增加^[4]。IRS-3 对骨代谢的作用目前还不清楚, 但 IRS 之间还存在相互作用, IRS-3 通过抑制 IRS-1 和 IRS-2 的功能而成为 IGF-1 的负向调节因子^[14]。IRS-3 可能通过对 IRS-1 及 IRS-2 的相互影响而对骨代谢发挥作用。

综上所述, 17 β -雌二醇和孕酮对骨代谢的调节可能主要是通过上调 MG-63 细胞和正常人成骨细胞 IRS-2 基因的表达, 从而影响 RANKL 的诱导, 促进骨的形成, 抑制骨的吸收, 两者联合干预具有正性协同效应。这可能是雌、孕激素联合治疗防治绝经后骨质疏松的又一新的作用机理。

【参 考 文 献】

- [1] Withers DJ, Gutierrez JS, Towery H, et al. White MF Disruption of IRS-2 causes type 2 diabetes in mice. *Nature*, 1998, 391 (6670): 900-994.
- [2] Virkamaki A, Ueki K, Kahn CR, et al. Protein-protein interaction in insulinsignaling and the molecular mechanisms of insulin resistance. *J Clin Invest*, 1999, 103 (7): 931-943.
- [3] Ogata N, Chikazu D, Kubota N, et al. Insulin receptor substrate-1 in osteoblast is indispensable for maintaining bone turnover. *J Clin Invest*, 2000, 105 (7): 935-943.
- [4] Akune T, Ogata N, Hoshi K, et al. Insulin receptor substrate-2 maintains predominance of anabolic function over catabolic function of osteoblasts. *J Cell Biol*, 2002, 159 (1): 147-156.
- [5] Stein GS, Lian JB. Molecular mechanisms mediating proliferation differentiation interrelationships during progressive development of the osteoblast phenotype. *Endocr Rev*, 1993, 14 (4): 424-422.
- [6] Aubin JE, Liu F, Bilezikian JP, et al. Principles of Bone Biology. Academic Press, San Diego, 1996, 51-68.
- [7] Sesti G, Federici M, Hribal ML. Defects of the insulin receptor substrate (IRS) system in human metabolic disorders. *FASEB*, 2001, 15 (12): 2099-2111.
- [8] Vassen L, Wegrzyn W, Klein-Hitpass L. Human insulin receptor substrate-2 (IRS-2) is a primary progesterone response gene. *Mol Endocrinol*, 1999, 13: 485-494.
- [9] Vassen L, Wegrzyn W, Klein-Hitpass L, et al. Human insulin receptor substrate-2: gene organization and promoter characterization. *Diabetes*, 1999, 48 (9): 1877-1880.
- [10] Sun XJ, Pons S, Wang LM, et al. The IRS-2 gene on murine chromosome 8 encodes a unique signaling adapter for insulin and cytokine action. *Mol Endocrinol*, 1997, 11: 251-622.
- [11] Bernal D, Almind K, Yenush L, et al. Insulin receptor substrate-2 amino acid polymorphisms are not associated with random type 2 diabetes among Caucasians. *Diabetes*, 1998, 47: 976-979.
- [12] Virkamaki A, Ueki K, Kahn CR, et al. Protein-protein interaction in insulinsignaling and the molecular mechanisms of insulin resistance. *J Clin Invest*, 1999, 103: 931-943.
- [13] Kabuta T, Hakuno F, Asano T. Insulin receptor substrate-3 functions as transcriptional activator in the nucleus. *J Biol Chem*, 2002, 277: 6846-6851.
- [14] Tsuruzoe K, Emkey R, Kriauciunas KM. Insulin receptor substrate 3 (IRS-3) and IRS-4. impair IRS-1- and IRS-2-mediated signaling. *Mol Cell Biol*, 2001, 21: 26-38.