

- 2 John M B et al. Head Neck, 1995; 17 14
- 3 Wu A et al. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1990, 18 941
- 4 Podgorsak EB et al. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1990; 16 857
- 5 Drzymala RE et al. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1994; 30 459
- 6 Hall E J et al. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1993; 25 381
- 7 Larson D A et al. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 1993; 25 557
- 8 Blomgren H et al. Acta Oncologica, 1995; 34 861

(收稿日期: 1997-09-23)

双能 X射线骨密度仪检查中患者与操作者受照剂量评估

湖南医科大学附属第二医院代谢内分泌研究所(长沙, 410011) 黄千 伍贤平综述 周智广审校

摘要: 双能 X射线骨密度仪自 1989年投入临床使用以来, 经过三次更新换代, 现已成为临床上最有效的骨密度测量仪器。然而, 检查中患者与操作者受照剂量明显增加。本文综述了双能 X射线骨密度仪的发展概况, 患者与操作者受照剂量以及防护措施。

关键词: 双能 X射线骨密度仪 有效剂量 职业照射 放射防护

双能 X射线吸收仪 (DEXA仪) 作为一种新的非侵入性骨矿物质密度 (BMD) 测量仪器, 习惯称双能 X射线骨密度仪, 自 1989年首次报道用于临床以来, 其硬件与软件得到迅速发展, 现已成为临床最有效的 BMD 测量仪器^[1]。然而随着 DEXA仪的频繁更新换代, 检查中病人与操作者受照剂量亦明显增加, 有关辐射防护问题应该受到重视

1 DEXA仪的发展概况

双能 X射线吸收测量技术 (DEXA) 的基础研究始于本世纪 60~70年代, 于 80年代应用于临床^[2]。最早的 DEXA仪是以 Hologic QDR-1000和 Lunar DPX型为代表的第一代笔形束骨密度仪。其中 Hologic QDR-1000型是对 X射线球管交替提供 70kVp和 140kVp 两种峰值电压, 获得 43keV 和 110keV 双能量 X射线; 而 Lunar DPX型则是对 X射线球管提供恒定 0.75mA 76kVp 峰值电压, 双能 X射线 (38keV 和 70keV) 由铯制 K缘过滤板产生。X射线通过直径为 1~2.2mm 的针状小孔准直器后, 则形成笔形束双能 X射线。当穿过病人骨骼时, 即可因骨矿物质含量不同而产生不同程度的吸收,

骨矿物质含量越高, X射线被吸收就越强, 到达检测器的 X射线也就越弱。检测器把接收的 X射线转化为相应的电信号输入计算机进行换算, 通过与标准品比较和除以所测量的骨面积, 即可得出 BMD, 结果以 g/cm^2 表示。由于测量中使用了双能量 X射线, 方可获得两种线性衰减值, 从而基本上消除了肌肉与脂肪等软组织干扰。扫描模型变异系数 (CV) < 0.8%, 扫描健康志愿者腰椎 CV < 1.5%, 股骨颈 CV < 2.1%, 扫描时间 10~15分钟。第二代笔形束 DEXA仪是 1990年出现的 Hologic QDR-1500型, 该仪器仅在 Hologic QDR-1000型基础上增设了全身扫描程序, 应用报道少。笔形束 DEXA仪由于扫描面积小, 对骨骼这种有一定形状与大小的结构需进行反复折回扫描, 需要较长的测定时间。1991年以 Hologic QDR-2000型为代表的第二代扇形束 DEXA仪出现, 标志着 DEXA技术从笔形束 X射线向扇形束过渡的重大转变。扇形束双能 X射线产生原理与笔形束相同, 仅使用了裂隙准直器代替了笔形束的小孔准直器, 用一排微检测器阵代替了单一的检测器。由于增大了扫描面积, 仅需对病人执行一次 1~5分钟的扫描, 大大地缩

短了检查时间,但早期的扇形束 DEXA 仪精密密度上略低于笔形束。目前,以 Hologic QDR-4500A型和 Lunar Expert型为代表的第四代扇形束 DEXA 仪已应用于临床,其中 Hologic QDR-4500A型使用了同步于主频的 100kV_p和 140kV_p脉冲 X射线源,而 Lunar Expert则是对 X射线球管提供恒定的 4mA 134kV_p峰值电压,双能 X线由钽制 K 缘过滤板产生。两仪器长期稳定性、精密密度与性能,以及图像的空间分辨率均较以前有大的飞跃,且均可使病人在仰卧位上依靠扫描 C形臂旋转 90°完成脊椎的侧位扫描,即脊椎的后前位和侧位相伴扫描。扫描模型 CV < 0.5%,扫描年轻志愿者腰椎 CV < 1.0%,股骨颈 CV < 2.0%,扫描时间 1~3分钟^[3,4]。据悉, Hologic 和 Lunar 公司又有更新的 DEXA 仪问世,其中 Lunar公司推出的便携式周围骨 DEXA-PIXI骨密度仪,使用了独特的锥形束 X射线,扫描时间缩短到了 5秒,且高分辨率图像可分析骨小梁结构和近关节溶蚀状况,还可测定前臂与跟骨等部位 BMD。它的笔记本电脑, Windows 95软件使操作更加简便化。这些进步,将使 DEXA 仪更好地为临床服务。

2 检查中病人受照剂量

随着 DEXA 仪更新换代, X射线球管的峰值电压和电流随之增加,以及 X线束形状由笔形束向扇形束转变,一个不容置疑的趋势是光子流量不断增大。其结果一方面提高了分辨率和缩短了扫描时间;另一方面,检查中病人受照剂量也不断增大。表 1综合了文献中部分 BMD测定和放射检查中病人所受有效剂量^[5~7]。可以看出,以 Lunar DPX 和 Hologic QDR-1000型为代表的第一代笔形束 DEXA 仪对病人有效剂量低,而使用扇形束 X射线的 Hologic QDR-2000型有效剂量有所增加,第四代扇形束 DEXA 仪 Hologic QDR-4500A,特别是 Lunar Expert 型,对病

人的有效剂量显著增加,但仍远低于其它放射检查,故可用于人群中骨质疏松症的筛查和对治疗的长期监控。最近, Lunar公司推出 Lunar Expert 的升级产品 Lunar Expert-XL。由于使用了更灵敏的检测器和更短的扫描时间,检查中病人所受的有效剂量减少至扫描腰椎 30~50μSv,髌部 5~7μSv^[6]。其它 BMD检查方法,如单光子吸收法(SPA)是采用¹²⁵或²⁴¹Am发射的 35.5keV 光子穿透前臂,部分经骨骼吸收后用 NaI晶体检测计数,虽然对病人放射剂量低,但检查部位局限;双光子吸收法(DPA)采用了半衰期为 242天的¹⁵³Gd发射能量为 44和 100keV 两种光子对骨骼进行测定,由于每年须更换放射源¹⁵³Gd,且测定干扰因素多,辐射污染大,现已趋淘汰;定量 CT虽然能单独测量皮质骨与松质骨 BMD,但因使用了混和 X射线,骨内不定量的脂肪(特别是股骨近端)可干扰测定,且花费高,病人受照剂量大,在目前乃至将来其应用都会受到相当的限制。

3 检查中操作者职业受照剂量

Patel^[8]用微能量补偿 GM管剂量计测定各型 DEXA 仪扫描腰椎时距扫描床中心 1米处的散射剂量(按 DEXA 仪安装手册,操作椅与扫描床中心最小距离为 1米),结果见表 2。Patel还在英国 Guy医院核医学科测定佩带徽章式个人剂量计的 Hologic QDR-2000型操作人员受照剂量,发现小于 2.5mSv/a,与表 2基本相符,根据国际辐射防护委员会(ICRP)1990年建议书,对公众的辐射有效剂量限值为每年 1mSv^[9],相当于位于 DEXA 仪操作区的 0.5μSv/h^[8];而 1985年电离辐射规则(IRR-85)规定,辐射剂量超过 5mSv/a(相当于操作区的 2.5μSv/h)的工作场所为监督区,超过 15mSv/a(相当于操作区的 7.5μSv/h)为受控区。Hologic QDR-1000 Lunar DPX等笔形束 DEXA 仪对操作者的放射剂量均小于 ICRP(1990年)

对公众的限值,而扇形束的 Hologic QDR-2000 Hologic QDR-4500A 以及 Lunar Expert 大于此限值,且有不断加大的趋势,其中 Lunar Expert 对周围环境的散射剂量已超过 IR-85 监督区限值,故有必要进行防护。

表 1 部分 BMD 测定和其它放射检查中病人所受的有效剂量 (μSv)

检查类型	病人所受有效剂量 (μSv)	
	腰椎正位扫描	髌部扫描
BMD 测定		
DEX A Lunar DPX ^a	0.21	0.15
Hologic QDR-1000 ^b	0.50	0.10
Hologic QDR-2000 ^b	1.90	0.60
Hologic QDR-4500 ^b	4.00	1.20
Lunar Expert ^c	44.7	6.8
双光子吸收法	5	3
单光子吸收法		< 0.5
定量 CT 单能		300
双能		1 000
其它放射检查		
胸透		50~ 100
胸部摄片		70~ 110
腰椎摄片		800~ 1 300
头部 CT		1 000~ 2 000
全身 CT		2 500~ 7 500

a. 用中速、0.75mA 电流类型扫描; b. 用中速类型扫描; c. 用中速、4mA 电流、150mm 扫描宽度类型扫描。

表 2 各型 DEXA 仪扫描腰椎距扫描床中心 1 米处的散射剂量

DEX A 仪	扫描病人数 (人 /h)	散射剂量 ($\mu\text{Sv}/\text{h}$)
Lunar DPX ^a	2	0.012
Hologic QDR-1000 ^b	2	0.12
Hologic QDR-2000 ^b	4	2.1
Hologic QDR-4500 ^b	4	2.4
Lunar Expert ^c	4	6.0

a. 用中速、0.75mA 电流类型扫描; b. 用中速类型扫描; c. 用中速、4mA 电流、150mm 扫描宽度类型扫描。

4 防护措施

由于骨骼代谢相对缓慢,短期内重复 BMD 测量无临床意义。为了对骨质疏松患者的治疗进行长期监控,从仪器精密度和患者经济状况等多方面考虑,每年以 1~2 次 BMD 测量为宜,患者所受的年有效剂量仍低

于 ICRP(1990 年)建议书中对公众的年有效剂量 1mSv 限值,无需进行放射防护^[7]。而对于操作者,特别当使用第四代扇形束的 Hologic QDR-4500A Lunar Expert 型 DEXA 仪时,由于仪器安装手册未提及在操作者与扫描床间安装放射防护屏障,在病人数目多的情况下,建议采取下列防护措施:① 将仪器

安装在一个比较大的房子中,操作者距离病人至少 2~3米;②在不影响精密度的情况下,尽量使用较短的扫描时间;③对长期从事 DEXA 仪操作的人员定期体检,女性孕期尽量不从事此项工作。Patel 发现,当用 Hologic QDR-2000 型扇形束 DEXA 仪扫描右髌部和腰椎时,操作者位于扫描床中心 1 米处每检查 1 个病人所受的总剂量为 $0.19\ \mu\text{Sv}$,而扫描左髌部和腰椎操作者所受的总剂量增加至 $0.53\ \mu\text{Sv}$ 。扫描右髌部时距扫描床中心 1 米处的峰值剂量为 $0.8\ \mu\text{Sv/h}$,而扫描左髌部的峰值剂量增加至 $6.3\ \mu\text{Sv/h}$ ^[8]。这是由于扫描右髌部时,扫描床向操作者方向移出,X 射线球管不移动。虽然操作者距扫描床中心 1 米,但距 X 射线球管距离比扫描左髌部时远,故可用扫描患者右髌部代替左髌部来减少操作者所受的辐射剂量。

综上所述,DEXA 仪开辟了骨矿物质精确定量的新天地,正在临床中逐渐取代传统的单光子、双光子骨密度仪。由于患者受照剂

量低微,故可广泛用于人群中骨质疏松病人的筛查和对治疗的长期监控。最近,有报道 DEXA 仪用于身体成份的分析^[10],因其精确度高,花费少,放射剂量低,而有望取代传统的中子活化法和水下称重法。为了保护操作者身体健康,建议第四代扇形束 DEXA 仪的操作者有必要进行防护。

参考文献

- 1 Taylor A et al. J Bone Miner Res, 1997; 12 652
- 2 Kotz D et al. J Nucl Med, 1996; 37 13N
- 3 Lang T et al. J Bone Miner Res, 1997; 12 136
- 4 Patel R et al. Br J Radiol, 1996; 69 816
- 5 Lewis MK et al. Osteoporosis Int, 1994; 4 11
- 6 Njeh CF et al. Br J Radiol, 1996; 69 335
- 7 Huda W et al. Br J Radiol, 1996; 69 422
- 8 Patel R et al. Br J Radiol, 1996; 69 539
- 9 Mountford PJ et al. Eur J Nucl Med, 1992; 19 (2): 77
- 10 Aloia JF et al. J Nucl Med, 1995; 36 1392

(收稿日期: 1997-09-17)

放射流行病学研究的进展

John Boice

摘要: 介绍了近年来日本原爆幸存者、医疗照射病人、职业照射者、矿工和居室内普通人群的放射流行病学研究的一些新进展。

关键词: 放射流行病学 原爆幸存者 医疗照射 职业照射 氡的危害

UNSCEAR 1994 年的报告对放射流行病学做了一个全面的评述。在过去的两年中,根据日本原爆幸存者、因诊断和治疗而受照(包括碘-131)的病人、职业暴露的工人以及暴露于居室内氡的普通人群等几个新的研究成果,人们对放射效应的认识有了很大的提高。实验室技术与流行病学研究相结合,使我们对放射诱发人类癌症的生物学机理有了更进一步的认识。

1 原爆幸存者

RERF 的第 12 号报告提供了对原爆幸存者又随访 5 年的调查资料。1945 年广岛和长崎 40 岁以上的居民多数已相继死亡而没有进一步的信息,而较年轻幸存者的危险模式正在进一步确定,同时也是将来研究的一个重要方面。原爆后 40 年放射所致白血病的危险似乎已经消失,但超额的实体癌还在继续发生。年轻人较年老者有较高的相对危险,