

定量 CT 测量膝关节骨密度的重复性研究

李佳录 嵇辉 陈星佐 赵海竹 钱占华 程晓光

中图分类号: 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2012)11-0000-00

摘要: **目的** 探讨定量 CT(QCT)测量膝关节骨密度(BMD)的重复性研究。**方法** 选取北京积水潭医院确诊为一侧膝关节前交叉韧带损伤(未经治疗),另一侧膝关节健康的30名患者行双膝关节QCT骨密度检测,2名观察者用定量CT的测量技术前后两次独立测量患者双膝关节股骨远端内外侧髁及胫骨平台处骨密度。**结果** 双因素方差分析,除双膝关节胫骨平台内上1/9处BMD值统计学有差异($P < 0.05$, $ICC > 0.7$),同一观察者不同时间测量同一部位的BMD值均值相近,无统计学差异($P > 0.05$, $ICC > 0.9$)。不同观察者所测定的BMD值也无显著性差别($P > 0.05$, $ICC > 0.9$)。**结论** 定量CT能够测量膝关节松质骨的体积骨密度,并且重复性良好,可用于评价膝关节骨密度的状态及应用于临床。

关键词: 骨密度; 膝关节; 定量CT; 前交叉韧带; 可重复性

The reproducibility of Knee Bone Mineral Density (BMD) measured by Quantitative CT Li Jialu, Ji Hui, CHEN Xingzuo, et al. Department of Radiology, Sports Medicine Center Beijing Jishuitan Hospital, Beijing 100035, China

Corresponding author: CHENG Xiaoguang, Email: xiao65@263.net

Abstract: Objective To evaluate the reproducibility of the knee bone mineral density (BMD) measurement by quantitative CT(QCT). **Methods** The knee BMD was measured by QCT in 30 subjects with unilateral anterior cruciate ligament (ACL) injury. Using QCT, two observers measured the BMD of medial and lateral condyle of distal femur and tibial plateau of both knees, respectively. **Results** There was no statistically significant differences between the results of the two observers ($P > 0.05$, $ICC > 0.9$) or between the results of the two different times ($P > 0.05$, $ICC > 0.9$) through two-way analysis of variance, except the BMD of 1/9 section of tibial plateau ($P < 0.05$, $ICC > 0.7$). **Conclusion** QCT can be used to measure the knee bone mineral density with high reproducibility.

Key words: bone mineral density; knee; quantitative CT; reproducibility

近年来,骨质疏松作为一种常见病及多发病日益受到广泛关注,膝关节周围的骨密度(bone mineral density, BMD)状况亦成为骨密度领域的研究热点之一。目前测量骨密度最为常用的方法是双能X线吸收测量法(Dual Energy X-ray Absorptiometry, DXA)和定量CT测量法(quantitative CT, QCT)。其中,应用DXA测量膝关节周围骨密度已有较多的报道。而应用QCT测量

膝关节骨密度的报道甚少。QCT测量技术作为目前测量骨密度最敏感的方法,其具有三维图像和测量体积骨密度的特性,是目前唯一能够把松质骨和皮质骨分开测量的技术,理论上应该更适合于膝关节骨密度的测量。本文旨在应用QCT分别在膝关节的多个不同部位进行多次骨密度测量,探讨应用QCT测量膝关节周围骨密度的可重复性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取北京积水潭医院确诊为一侧膝关节前交叉韧带损伤(未经治疗),另一侧膝关节健康的30名患者在常规术前膝关节CT平扫时,同时做双膝关节QCT骨密度检测,不额外增加患者辐射剂量。其

基金项目:北京市卫生系统高层次卫生技术人才培养项目(2009-02-03);国家自然科学基金资助项目(81071131)

作者单位:100035 北京,北京积水潭医院放射科(李佳录、赵海竹、钱占华、程晓光);武警总医院放射科(嵇辉);北京积水潭医院运动医学中心(陈星佐)

通讯作者:程晓光, Email: xiao65@263.net

中男性 17 名,女性 13 名。平均 30 岁。

1.2 仪器与方法

采用东芝 Aquilion 64 排 CT 扫描机,美国 Mindways 公司的 QCT 骨密度测量系统。CT 扫描参数:电压 120 kV,电流:125 Ma,扫描时间 0.5 s,螺距 0.938,重建视野(field of view, FOV) 40 cm,根据每周校正检验体模(QA 体模)检测,设定床高为 78 cm。扫描方法:患者仰卧于检查台上,将标准体模与蓝色软垫置于双膝关节下,与人体长轴平行。使双膝关节紧贴蓝色软垫,期间不要有间隙,选择双膝关节进行螺旋扫描。

1.3 测量方法

将扫描数据传至 Mindways 公司的 QCT pro 工作站进行数据分析,QCT 工作站通过多平面重组(multiplanar reformation, MPR)的方式,出现三维图像。利用定量 CT 可以三维观察测量的特点,股骨内外侧髁感兴趣区(region of interest, ROI)的设置方法为测量平面选择在轴位上滑车切迹最深处,测量面积为轴位上内外侧髁面积的 4/5,厚度选择为 9 mm(图 1)。胫骨平台感兴趣区的设置方法为测量平面选择在紧邻关节软骨下 1.5 mm 平面处,以轴位为基准,把胫骨平台平面平均进行 9 分,分别测量其内上 1/9,中间 1/9 及外上 1/9 处的骨密度,轴位上面积均选择为直径 17.2 mm,厚度选择为 9 mm(图 2)。其中在测量过程中,利用 QCT 可以分别观察轴位,矢状位,冠状位的特点,避免皮质骨,只测量松质骨的骨密度。2 名观察者用上述方法分别前后两次独立测量患者双膝关节股骨远端内外侧髁及胫骨平台处的松质骨骨密度,以评估测量方法的可重复性。

1.4 统计学方法

采用 SPSS17.0 统计软件进行分析,计量资料数据以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用双因素方差分析;采用组内相关系数(interclass correlation coefficient, ICC)评估不同测量者前后两次测量值之间重复性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

双因素方差分析除双膝关节胫骨平台内上 1/9 处的骨密度值比较差异有统计学意义之外,其余 ROI 区在 2 名观察者每次测量同一部位的 BMD 之间或观察者前后两次测量同一部位的 BMD 之间均具有高度的一致性,BMD 比较差异无统计学意义($ICC > 0.9, P > 0.05$)(见表 1)。

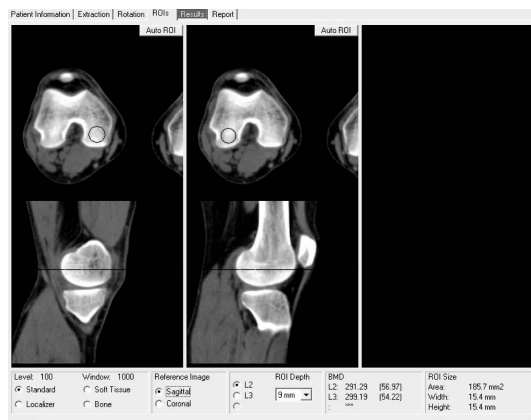


图 1 在 QCT pro 工作站上测量左股骨内外侧髁骨密度,ROI 的设置方法为测量平面选择在轴位上滑车切迹最深处,测量面积为轴位上内外侧髁面积的 4/5,厚度选择为 9 mm。ROI 区只测量松质骨,避免皮质骨

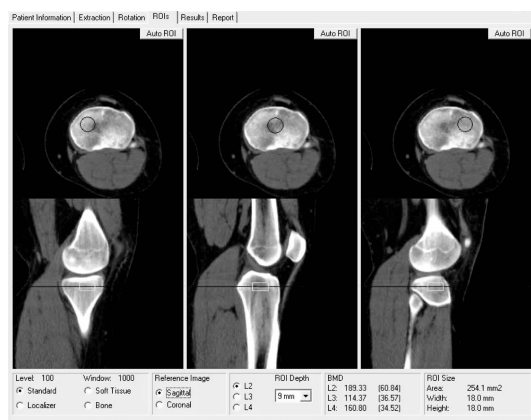


图 2 在 QCT pro 工作站上测量左胫骨平台骨密度,ROI 的设置方法为测量平面选择在紧邻关节软骨下 1.5 mm 平面处,以轴位为基准,把胫骨平台平面进行 9 分法,分别测量其内上 1/9,中间 1/9 及外上 1/9 处的骨密度,轴位上面积均选择为直径 17.2 mm,厚度选择为 9 mm。ROI 区只测量松质骨,避免皮质骨

3 讨论

骨质疏松是一种以骨量低下、骨微结构破坏、骨脆性增加、易发生骨折为特征的代谢性骨病^[1,2]。制动、功能受损、活动量下降等原因会引发局部骨质疏松^[3]。局部骨质疏松会增加骨折的风险,并且有相关研究证明了骨质疏松与骨性关节炎有着紧密的关系^[4-6]。在运动医学领域,前交叉韧带(anterior cruciate ligament, ACL)是维持膝关节稳定的重要结构,ACL 损伤是最常见的运动创伤之一,其发病率

表1 2名观察者2次独立测量30名患者双侧膝关节骨密度的重复性比较(mg/cm^3)

分组	左股骨 内侧髁	左股骨 外侧髁	左胫骨 平台外上	左胫骨 平台中	左胫骨 平台内上	右股骨 内侧髁	右股骨 外侧髁	右胫骨 平台外上	右胫骨 平台中	右胫骨 平台内上
第一次										
观察者1	234.97 ± 40.93	275.04 ± 65.28	123.70 ± 29.71	84.85 ± 27.54	180.47 ± 34.99	232.04 ± 45.13	270.27 ± 63.71	125.35 ± 26.29	87.31 ± 29.44	173.91 ± 37.79
观察者2	232.10 ± 40.71	273.31 ± 59.41	119.95 ± 29.65	82.87 ± 27.01	155.80 ± 38.23	231.98 ± 44.66	271.50 ± 63.51	126.63 ± 26.73	86.99 ± 29.21	165.30 ± 40.48
第二次										
观察者1	234.26 ± 39.91	264.58 ± 54.82	122.88 ± 30.97	83.75 ± 27.65	171.40 ± 31.50	231.94 ± 43.39	266.03 ± 62.64	126.19 ± 26.38	88.67 ± 29.27	168.52 ± 38.83
观察者2	234 ± 40.74	275.67 ± 56.74	121.64 ± 32.75	84.62 ± 27.65	160.78 ± 30.57	231 ± 45.64	269.85 ± 63.58	127.40 ± 25.47	87.75 ± 29.56	171.75 ± 37.57
F 值	1.619	0.531	3.478	2.868	20.335	0.004	1.737	2.268	1.374	4.061
P 值	0.207	0.47	0.072	0.065	0.01	0.996	0.185	0.113	0.261	0.022
ICC	0.995	0.972	0.938	0.916	0.725	0.992	0.964	0.902	0.979	0.889

有逐年增高的趋势^[7], ACL 损伤后重建与局部骨质疏松的关系在国外已有较多报道,更有研究表明前交叉韧带断裂是导致患肢骨密度下降的重要因素^[8]。对于 ACL 损伤后导致骨密度变化的发生机制说法不一,目前认为生理的变化是其潜在的机制^[9]:例如血流量的改变和骨重塑。ACL 损伤所引起的创伤可以增加血流量^[10],血流量可以激活破骨细胞,使骨的吸收增加,这种变化在松质骨中尤为明显^[11],因此松质骨的骨量变化更加显著。另外一个潜在的机制是关节力学上的改变,例如负重的改变或者关节松弛度的增加,均引起了骨质重塑。并且其骨量的变化在膝关节不同部位有着不同的表现^[4,12,13]。前交叉韧带损伤后,进行重建手术时,其钻取隧道处松质骨骨密度的变化情况对手术有着重要的意义。因此本研究选取了30名一侧膝关节前交叉韧带损伤,另一侧膝关节健康的患者行双膝关节 QCT 骨密度检测,以反映 ACL 损伤后骨量的变化状况。由于骨密度实际上反映了患肢的肌肉状态和功能情况,多年来,国际上已经将骨密度的测定列为监测患肢功能状态和伤后康复状况的客观指标之一^[8,14],因此膝关节骨密度测量的准确性具有重要的价值。

在膝关节骨密度的测量方法中,应用 DXA 测量膝关节周围骨密度已有较多报道。然而,DXA 存在以下缺点:①DXA 测量的骨密度是面密度^[15],DXA 测量的面密度会导致骨密度的大小与骨骼的大小有着紧密的关系。②DXA 测量的为综合骨密度,其测量时区别不出皮质骨与松质骨。骨组织主要由皮质骨与松质骨组成。在膝关节中,胫骨近端骨组织主要为松质骨^[16]。有研究表明在骨质丢失时将首先

影响松质骨^[2]。但是皮质骨的 BMD 远远高于松质骨,因此松质骨的改变状况将在 DXA 检查时被高密度的皮质骨所掩盖,因而会产生误差,影响早期诊断。

随着 CT 技术、设备的发展及 QCT 的大量开发应用,QCT 技术进一步受到关注。其有以下优势:①QCT 能够分别测量皮质骨与松质骨②QCT 测量的 BMD 是体积骨密度,与骨骼大小无关③QCT 具有非常好的敏感性及特异性。QCT 在对腰椎骨质疏松的评价方面已有大量报道,但是,其测量膝关节骨密度方面鲜有报道。根据膝关节的骨组成特点,只有测量膝关节松质骨的骨密度才能准确的评价膝关节的骨密度。而 QCT 作为目前唯一可以对皮质骨及松质骨分开测量的方法,理论上应该更适合膝关节骨密度的测量。

本研究通过对30名确诊为一侧膝关节前交叉韧带损伤(未经治疗),另一侧膝关节健康的患者行双膝关节 QCT 骨密度测量,选择测定具有代表性的、且与前交叉韧带重建时隧道钻取位置密切相关的股骨内外侧髁及胫骨平台处的多个 ROI 的骨密度。其中,股骨内外侧髁及胫骨平台中 1/9 处的 BMD 尤为重要,因为这3个 ROI 区的 BMD 与膝关节不同部位骨密度的异质性紧密相关^[12]。结果表明:除双膝关节胫骨平台内上 1/9 处的骨密度比较差异有统计学意义之外,其余 ROI 区在2名观察者每次测量同一部位的 BMD 之间或观察者前后两次测量同一部位的 BMD 之间均具有高度的一致性。提示在患侧膝关节及健侧膝关节的 QCT 骨密度测量中,同一观察者前后测量的数据以及不同观察者测量的数据之间均具有很好的一致性。而双膝关节

胫骨平台内上1/9处的BMD比较差异有统计学意义的原因可能是因为在此处ROI区的设定时测量平面选择在紧邻关节软骨下1.5 mm平面处,部分样本人群可能在此位置还残存少量的皮质骨以及CT容积效应的原因。

本研究尚有不足之处,样本人群较小,不能完全代表普通人群。在选定不同部位的ROI时,由于是手动操作,所以会存在一定的误差,在一定程度上影响了结果的精确性。

本研究证实QCT测量膝关节骨密度有很好的可重复性,可用于评价膝关节骨密度的状态。且在研究中发现,前交叉韧带损伤后的膝关节,不同部位的骨密度变化情况会有较大的差异,这可能与膝关节的生物力学有着紧密的联系。此观点将在今后的研究中进一步探讨。

【参 考 文 献】

- [1] National Osteoporosis Foundation 1998. Osteoporosis: review of the evidence for prevention, diagnosis and treatment and cost-effective analysis. *Osteoporos Int*,1998,(Suppl 4):S3-S6.
- [2] Adams JE. Quantitative computed tomography. *Eur J Radiol*, 2009,71 : 415-424.
- [3] Kannus P, Jarvinen T, Sievanen H, et al. Effects of immobilization, three forms of remobilization, and subsequent deconditioning on bone mineral content and density in rat femora. *J Bone Miner Res*, 1996, 11 : 1339-1346.
- [4] Boyd SK, Matyas JR, Wohl GR, et al. Early regional adaptation of periarticular bone mineral density after anterior cruciate ligament injury. *J Appl Physiol*, 2000, 89 : 2359-2364.
- [5] Bellido M, Lugo L, Roman-Blas JA, et al. Subchondral bone microstructural damage by increased remodeling aggravates experimental osteoarthritis preceded by osteoporosis. *Arthritis research & Therapy*, 2010, 12 : 152-162.
- [6] Calvo E, Castaneda S, Largo R, et al. Osteoporosis increases the severity of cartilage damage in an experimental model of osteoarthritis in rabbits. *OsteoArthritis and Cartilage*, 2007, 15 : 69-77.
- [7] Natri A, Jarvinen M, Kannus P, et al. Changing injury pattern of acute anterior cruciate ligament tears treated at Tampere University Hospital in the 1980s. *Scand J Med Sci Sports*,1995, 5 :100-104.
- [8] 于长隆,敖英芳,张美荣,等. 前交叉韧带损伤与膝关节骨密度的关系研究. *中国运动医学杂志*,2001,20(3):270-271.
- [9] Steven K. Boyd, John R. Matyas, Greg R. Wohl et al. Early regional adaptation of periarticular bonemineral density after anterior cruciate ligament injury. *J Appl Physiol*,2000,89:2359-2364.
- [10] Judex S, Gross TS, Bray RC, Zernicke RF, et al. Adaptation of bone to physiological stimuli. *J Biomech*, 1997,30 : 421-429.
- [11] Gong JK, Burgess E, Bacalao P. Accretion and exchange of strontium-85 in trabecular and cortical bones. *Radiat Res*,1966, 28 :753-765.
- [12] Zerahn B, Munk AO, Helweg J, et al. Bone mineral density in the proximal tibia and calcaneus before and after arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Arthroscopy*, 2006, 22 : 265-269.
- [13] Dye SF, Chew MH. Restoration of osseous homeostasis after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 1993, 21 : 748-750.
- [14] Leppala J, Karmns P, Natri A. Effect of anterior cruciate ligament injury of the knee on bone mineral density of the spine and affected lower extremity: a prospective one-year follow-up study. *Calcif Tissue Int*,1999,64:357-363.
- [15] 吕俊峰,吕文秀,韩雪立,等. 长春地区正常人股骨颈骨密度测量(附436例QCT测量分析). *中国老年学杂志*,2006,26(8):1064-1065.
- [16] Riggs BL, Melton LG, Robb RA, et al. Population-based study of age and sex differences in bone volumetric density, size geometry and structure at different skeletal sites. *J Bone Miner Res*, 2004, 19 : 1945-1954.

(收稿日期:2012-07-22)