

区域 CT 值在预测股骨近端骨折中的价值

陈宾, 邹士平, 王跃辉, 周宇, 陈文忠, 王爱国, 司文腾
(郑州市骨科医院关节病科, 河南 郑州 450052)

【摘要】 目的: 探讨 60 岁以上成人发生股骨近端骨折的股骨颈部松质骨 CT 值。方法: 自 2020 年 1 月至 2020 年 12 月, 回顾性分析行双髋关节 CT 检查的年龄 >60 岁的 280 例研究对象, 男 85 例, 女 195 例; 年龄 75 (66, 82) 岁; 左侧 120 例, 右侧 160 例。其中 136 例股骨近端骨折患者为研究组, 144 例无骨折者为对照组。采用 GEOptima CT 机扫描并分别重建出股骨近端水平位、冠状位和矢状位层面。测量并比较两组股骨颈部松质骨的 CT 值; 采用 Logistic 回归分析股骨颈部松质骨 CT 值与股骨颈骨折间的关系。**结果:** 骨折组年龄 79 (73.3, 85.0) 岁, 无骨折组年龄 69.5 (64.0, 78.8) 岁, 两组年龄比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。骨折组区域 CT 值 8.62 (-3.62, 27.15) HU 低于无骨折组 34.31 (-5.93, 71.74) HU ($P < 0.05$)。冠状位平面内骨折组区域 CT 值 -8.48 (-30.96, 17.46) HU 低于无骨折组 40.49 (5.55, 80.71) HU ($P < 0.05$); 矢状位平面内骨折组区域 CT 值 -31.28 (-54.91, -5.11) HU 低于无骨折组 7.74 (-20.12, 44.54) HU ($P < 0.05$); 水平位平面内骨折组区域 CT 值 0.17 (-23.13, 24.60) HU 低于无骨折组 46.40 (10.42, 85.18) HU ($P < 0.05$); 骨折组股骨颈部区域 CT 值低于无骨折组 ($P < 0.05$)。经 Logistic 回归分析, 冠状位区域 CT 值是股骨近端骨折的影响因素, 可以写入预测骨折概率的回归方程。**结论:** 在 60 岁以上成人, 随着年龄的不断增大, 股骨颈部松质骨 CT 值呈下降趋势。股骨颈部松质骨 CT 值越小发生股骨近端骨折的风险越大。

【关键词】 股骨近端骨折; CT 值; 骨质疏松

中图分类号: R683.42, R445.3

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2023.12.007

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Regional CT value in prediction of proximal femoral fracture

CHEN Bin, ZOU Shi-ping, WANG Yue-hui, ZHOU Yu, CHEN Wen-zhong, WANG Ai-guo, SI Wen-teng (Department of Joint Diseases, Zhengzhou Orthopaedics Hospital, Zhengzhou 450052, Henan, China)

ABSTRACT Objective To investigate CT values of cancellous bone in femoral neck in adults over 60 years with proximal femoral fractures. **Methods** From January 2020 to December 2020, a retrospective analysis was performed on 280 subjects aged 60 years or older who underwent bilateral hip CT examination, including 85 males and 195 females, 120 on the left side and 160 on the right side, aged 75 (66, 82) years old. One hundred thirty-six patients with proximal femoral fractures were included in study group and 144 patients without fractures were included in control group. GEOptima CT was used to scan and reconstruct horizontal, coronal and sagittal layers of proximal femur. CT values of cancellous bone in femoral neck were measured and compared between two groups. The relationship between CT values of cancellous bone of femoral neck and proximal femoral fracture was analyzed statistically. **Results** In terms of age, fracture group aged 79 (73.3, 85.0) years old, non-fracture group aged 69.5 (64.0, 78.8) years old, and had significant difference in age between two groups ($P < 0.05$). In terms of CT value, regional CT value in fracture group was 8.62 (-3.62, 27.15) HU, which was lower than that in non-fracture group 34.31 (-5.93, 71.74) HU ($P < 0.05$). CT value on coronal view in fracture group was -8.48 (-30.96, 17.46) HU, which was lower than that in non-fracture group 40.49 (5.55, 80.71) HU ($P < 0.05$). CT value on sagittal view in fracture group was -31.28 (-54.91, -5.11) HU, which was lower than that in non-fracture group 7.74 (-20.12, 44.54) HU ($P < 0.05$). CT values on horizontal view in fracture group was 0.17 (-23.13, 24.60) HU, which was lower than that in non-fracture group 46.40 (10.42, 85.18) HU ($P < 0.05$). The mean regional CT values among three planes in the fracture group were lower than those in the non-fracture group. Logistic regression analysis showed coronal CT value was influencing factors of proximal femoral fracture, and it could be written into regression equations that predict probability of fracture. **Conclusion** In adults aged over 60 years old, CT values of cancellous bone of femoral neck decreased with increasing age. The smaller CT value of cancellous bone of femoral neck, the greater risk of proximal femoral fracture.

KEYWORDS Proximal femoral fracture; CT value; Osteoporosis

通讯作者: 司文腾 E-mail: swteng516@163.com

Corresponding author: SI Wen-teng E-mail: swteng516@163.com

60 岁以上成人股骨近端骨折,其主要原因是骨骼质量差骨骼脆性大的骨质疏松性骨折,在骨质疏松状态下,患者未受到明显外力而发生骨折^[1],骨折后不易愈合,或愈合后再发生骨折的可能性大^[2]。随着老龄化的加剧,骨质疏松性骨折的发病率以及骨折的致残、致死率增高,且临床医疗花费变大,应充分认识股骨颈特殊的解剖及生物力学特点^[3]。因此,对骨质疏松性骨折的早期诊断及早期干预才能达到“未病先防,既病防变,瘥后防复”的要求^[4]。CT 对骨骼成像有其优势,有文献^[5]报道利用常规普通 CT 检查在脊柱可以用于判断椎体的骨密度 (bone mineral density, BMD),根据椎体 CT 值预测椎体骨折和螺钉松动。本研究通过对双髋关节 CT 扫描获得的股骨颈松质骨在冠状位、矢状位、水平位中间层面内平均区域 CT 值的测量,分析存在股骨近端骨折患者与无骨折患者在区域 CT 值上的差异;通过对两组人群股骨颈部区域 CT 值的回顾性分析,找出股骨颈松质骨 CT 值与股骨颈骨折间是否有相关性,提高临床医师对股骨颈三维平面内 CT 值的认识。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:(1)年龄>60 岁。(2)发生股骨近端低能量(室内走路摔倒、在浴室滑倒、下床摔倒、从椅子上摔倒、在卫生间摔倒等)脆性骨折者(包括股骨颈骨折与转子间骨折)为骨折组。(3)无股骨近端骨折者为对照组。排除标准:(1)双侧股骨颈骨折、陈旧股骨颈骨折、股骨近端骨折术后、股骨头坏死、髋关节骨关节炎、股骨颈滑膜瘤、髋关节置换术后、肺癌骨转移、髋关节发育不良、髋关节感染、股骨近端骨髓炎、股骨近端肿瘤、股骨近端病理性骨折等。(2)合并髌臼骨折、耻骨骨折、髌骨骨折、骨盆骨折、股骨干骨折者。(3)一侧股骨颈骨折,对侧为非正常股骨颈的病人,如对侧股骨颈存在内固定,对侧股骨颈存在病变或发育不良的患者。(4)排除既往双下肢或双侧髋关节存在不对称临床表现者,如双下肢不等长,双下肢肌力不对称。

1.2 临床资料

回顾性分析自 2020 年 1 月至 2020 年 12 月行双髋关节 CT 检查的 280 例人群。其中将 136 例股骨近端骨折患者作为研究组,144 例无骨折者作为对照组。本研究已获得了郑州市骨科医院伦理委员会批准(伦理批号:2021022),所有患者知情同意并签署知情同意书。

1.3 检查方法

CT 检查采用 GEOptima CT 机,检查方法为常规双髋部扫描,管电压为 120 kV,毫安秒采用机器自

动选择,扫描层厚 5 mm。采用软组织重建模式,分别重建出股骨近端水平位、冠状位和矢状位层面。

1.4 观察项目与方法

(1)统计两组的年龄、性别与侧别。(2)选取两组股骨颈水平位、冠状位和矢状位中心层面区域为感兴趣区域(region of interest, ROI),采用临床常规应用的影像归档和通信系统(picture archiving and communication system, PACS)阅片软件,统计 ROI 内的平均 CT 亨氏单位值 (hounsfield unit, HU)。测量方法:在重建出的水平位、冠状位和矢状位层面股骨颈 CT 图像中,选择中间层;在该层的股骨颈松质骨区域内避开皮质骨放置一尽可能大的椭圆形为 ROI;使用 PACS 阅片软件自动读取股骨颈水平位中心层面区域 ROI 内的平均 CT 值,即股骨颈水平层面的区域 CT 值(图 1)。读取股骨颈冠状位中心层面区域 ROI 内的平均 CT 值,即股骨颈冠状层面的区域 CT 值(图 2)。读取股骨颈矢状位中心层面区域 ROI 内平均 CT 值,即股骨颈矢状层面的区域 CT 值(图 3)。3 个层面区域 CT 值的平均值即每个股骨颈松质骨的 CT 值。骨折组患者测量对侧无骨折股骨颈的 CT 值;按照随机对照原则,在同期内无骨折组,根据随机方法在 Excel 中生成随机数,为奇数时测量左侧股骨颈,为偶数时测量右侧;比较两组股骨颈松质骨的 CT 值。

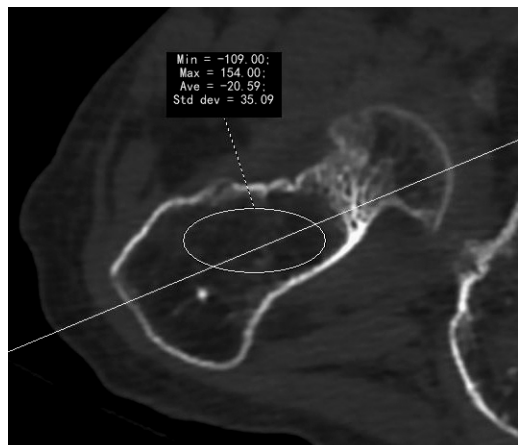


图 1 PACS 阅片软件自动读取股骨颈水平位中心层面区域 ROI 内的平均 CT 值为-20.59 HU

Fig.1 PACS automatically read CT value (-20.59 HU) in ROI of femoral neck on horizontal view

1.5 统计学处理

采用 SPSS 17.0 软件进行统计学分析。年龄、股骨颈部水平位、冠状位和矢状位中心层面区域 ROI 内的平均 CT 值等定量资料数据不符合正态分布,采用中位数 $M(P25, P75)$ 表示,两组间比较采用 Mann-



图 2 PACS 阅片软件自动读取股骨颈冠状位中心层面区域 ROI 内的平均 CT 值为 0.18 HU

Fig.2 PACS automatically read CT value (0.18 HU) in ROI of femoral neck on coronal view



图 3 PACS 阅片软件自动读取股骨颈矢状位中心层面区域 ROI 内的平均 CT 值为-5.41 HU

Fig.3 PACS automatically read CT value (-5.41 HU) in ROI of femoral neck on sagittal view

Whitney *U* 检验。性别与侧别为定性资料,采用 χ^2 检验。因变量骨折与自变量年龄、性别、侧别及股骨颈 CT 值间的关系,采用 Logistic 回归分析进行概率模型统计分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义,以 $P > 0.20$ 为回归模型较好地拟合了原始数据。

2 结果

2.1 一般资料

共纳入 280 例研究对象,男 85 例,女 195 例;年龄 75(66,82)岁;左侧 120 例,右侧 160 例;骨折组 136 例,无骨折组 144 例。骨折组年龄 79(73.3, 85.0)岁,无骨折组年龄 69.5(64.0,78.8)岁,骨折组年龄大于无骨折组($Z = -6.361, P < 0.05$)。骨折组男 35 例,女 101 例;无骨折组男 50 例,女 94 例;两组性别比较,差异无统计学意义($\chi^2 = 2.672, P > 0.05$)。骨折组左侧 55 例,右侧 81 例;无骨折组左侧 65 例,右侧 79 例;两组侧别比较,差异无统计学意义($\chi^2 = 0.630, P > 0.05$)。见表 1。

表 1 股骨近端骨折组与无骨折组一般资料比较

Tab.1 Comparison of general data between fracture group and non-fracture group

组别	例数	性别/例		年龄[M(P25, P75)]/岁	侧别/例	
		男	女		左侧	右侧
骨折组	136	35	101	79(73.3,85.0)	55	81
无骨折组	144	50	94	69.5(64.0,78.8)	65	79
检验值		$\chi^2 = 2.672$		$Z = -6.361$	$\chi^2 = 0.630$	
P 值		> 0.05		< 0.05	> 0.05	

2.2 CT 值测量结果

骨折组冠状面、矢状面、水平面区域 CT 值低于无骨折组($P < 0.05$)。骨折组股骨颈 CT 值低于无骨折组($Z = -7.573, P < 0.05$)。见表 2。

2.3 Logistic 回归分析结果

经 Logistic 回归分析结果所示,年龄、冠状位区域 CT 值回归系数的 Wald 检验有统计学意义,故认为年龄、冠状位区域 CT 值是股骨近端骨折的影响因素。性别、矢状位区域 CT 值、水平位区域 CT 值回归系数的 Wald 检验无统计学意义($P > 0.05$)。见表 3。

Logistic 回归模型的似然比(likelihood, LR)检验的统计量 $\chi^2 = 76.945, P < 0.001$,回归方程有意义。Cox & Snell 决定系数和 Nagelkerke 决定系数分别为 24%和 32%。根据这两个决定系数判断该回归模型

表 2 股骨近端骨折组与无骨折组不同区域和股骨颈 CT 值比较[M(P25, P75)]

Tab.2 Comparison of different regions and femoral neck CT values between fracture group and non-fracture group [M(P25, P75)]

组别	例数	单位:HU			
		冠状面区域 CT 值	矢状面区域 CT 值	水平面区域 CT 值	股骨颈 CT 值
骨折组	136	-8.48(-30.96, 17.46)	-31.28(-54.91, -5.11)	0.17(-23.13, 24.60)	8.62(-3.62, 27.15)
无骨折组	144	40.49(5.55, 80.71)	7.74(-20.12, 44.54)	46.40(10.42, 85.18)	34.31(-5.93, 71.74)
Z 值		-7.738	-6.709	-7.335	-7.573
P 值		< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

表 3 Logistic 回归系数 Wald 假设检验
Tab.3 Wald hypothesis test of Logistic regression coefficients

自变量	B 值	S.E 值	χ ² 值	P 值	OR (95% CI)
性别	0.048	0.309	0.024	0.877	1.049(0.572,1.922)
年龄	0.049	0.018	7.610	0.006	1.050(1.014,1.087)
冠状位 CT 值	-0.020	0.007	8.884	0.003	0.980(0.967,0.933)
矢状位 CT 值	0.009	0.007	1.587	0.208	1.009(0.995,1.024)
水平位 CT 值	-0.007	0.007	0.954	0.329	0.994(0.981,1.007)
Constant	-3.217	1.501	4.596	0.032	
LR 统计量			76.945	0.000	
HL 统计量			7.484	0.485	

注:LR 为似然比,HL 为 Hosmer-Lemeshow

的预测能力不强(因为是回顾性研究,另外诊断骨折是靠影像显示出骨质不连续,而 CT 值是定量结果)。Hosmer-Lemeshow (HL) 拟合优度检验的结果(HL=7.484, P=0.485>0.20), 故认为该回归模型较好地拟合了原始数据。见表 3。

验证回归模型的预测能力见表 4, 在建模样本中分类准确率为 72.3%, 在验证样本中分类准确率为 69.2%, 认为两者正确预测真正骨折患者的能力较强(正确率分别为 74.7%和 67.6%)。对建模变量回归分析后,自变量冠状位区域 CT 值保留在回归模型中,因此预测方程写为:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(0.382 - 0.026 \times \text{冠状位 CT 值})}}$$

表 4 回归模型的预测能力
Tab.4 Predictive power of regression model

项目	建模样本			验证样本		
	无骨折 /例	骨折 /例	分类准确 率/%	无骨折 /例	骨折 /例	分类准确 率/%
无骨折	72	31	69.9	29	12	70.7
骨折	25	74	74.7	12	25	67.6
总百分比			72.3			69.2

3 讨论

3.1 股骨颈部区域 CT 值在预测股骨近端骨折中的价值

本研究结果发现骨折组股骨颈部区域 CT 值低于无骨折组(P<0.05),表明股骨颈部松质骨区域 CT 值减小,是发生股骨近端骨折的一个危险因素。流行病学调查^[6]发现,股骨近端骨折(包括颈骨折与股骨转子间骨折)占老年髋部骨折 80%以上;通过对股骨颈部区域 CT 值的测量可以更有针对性地评估该人

群股骨近端发生骨折的风险。年龄方面,骨折组患者年龄偏大,无骨折组患者年龄偏小,表明随着年龄的增大,出现股骨近端骨折的风险增加。2018 年国家卫生健康委员会的流调结果显示,我国 65 岁以上人群骨质疏松患病率已达 32.0%,给患者带来了巨大的骨折风险和社会经济负担^[7]。高龄人群股骨颈部 CT 值的减小与骨质疏松的高发,共同反映出骨骼质量的变差,股骨近端骨密度和强度也是下降,从而易出现股骨近端脆性骨折。

Logistic 回归分析结果发现股骨颈冠状位区域 CT 值和年龄是股骨近端骨折的相关影响因素,且冠状位区域 CT 值可以写入回归方程,股骨颈冠状位区域 CT 值可以用于预测发生股骨近端骨折的风险。将 CT 值代入方程后可得出该部分人群股骨近端发生骨折的概率。陈华芳等^[8]在一项回顾性分析中对 73 例髌部骨折与 73 例非髌部骨折的 CT 值研究中得出股骨颈和转子间的皮质骨厚度值及松质骨 CT 值可能具有预测骨质疏松髌部骨折的价值。本研究通过验证回归模型的预测能力,发现在建模样本中分类准确率为 72.3%,在验证样本中分类准确率为 69.2%,认为股骨颈冠状位区域 CT 值正确预测真正骨折患者的能力较强(正确率为 74.7%和 67.6%)。

3.2 股骨颈部区域 CT 值在预测股骨近端骨折中的特点

与测量股骨颈和转子间的皮质骨厚度值、松质骨 CT 值及骨小梁 CT 值不同,本研究测量的是股骨颈部松质骨区域 CT 值,包含股骨颈松质骨区域的张力骨小梁和压力骨小梁。夏纪伍等^[9]结合图像处理软件重建股骨距及股骨近端三维图像,测量股骨距、压力骨小梁、张力骨小梁、头下骨小梁、大转子骨小梁及次张力骨小梁的 CT 值,发现在老年女性患者中,股骨颈骨折患者的股骨距密度、张力骨小梁和次张力骨小梁密度均大于股骨转子间骨折患者,而男性患者的上述指标在两种骨折间比较,差异无统计学意义(P>0.05)。结果表明股骨颈部有复杂的松质骨结构,将股骨颈部松质骨作为一个整体区域,通过 CT 影像学测量该区域的 CT 值更能预测股骨近端骨折的发生。

股骨颈区域 CT 值测量的是松质骨,避开了皮质骨、增生骨赘等的影响,在严重髋关节退变患者中可以获得更准确的松质骨 CT 值,该特点优于双能 X 线(dual energy X-ray, DXA)。虽然 DXA 仍是目前研究髋部或其他部位骨密度的主要方式。但 DXA 的准确性易受周围组织干扰,特别在不规则骨质或存在骨质相互遮挡尤其在骨赘增生明显的部位,测得的骨密度不能反映组织的真实骨密度;另外,DXA 不

能直接测量位于髓腔内的松质骨骨密度^[10],而骨量丢失更早的发生在松质骨上。因此,松质骨在骨折风险、应力力学作用等方面也比皮质骨更为重要。所以,本研究采用髋部 CT 平扫及三维重建技术测量股骨颈部松质骨区域 CT 值用于预测股骨近端骨折。

3.3 股骨颈部区域 CT 值对单侧已骨折患者的应用价值

随着老龄化加剧,临床经常会遇到同一患者发生一侧股骨近端骨折不久,再出现对侧股骨近端骨折。本研究选择股骨颈部区域 CT 值,目的是更早地识别股骨近端骨折的危险因素,预测股骨颈部骨折的发生;尤其是在发生过一侧股骨近端骨折后,通过测量未骨折一侧的股骨颈部 CT 值,预测其日后发生骨折的风险,避免再出现对侧骨折,为临床早期干预提供依据。

参考文献

- [1] 丁悦,张嘉,岳华,等.骨质疏松性椎体压缩性骨折诊疗与管理专家共识[J].中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志,2018,11(5):425-437.
DING Y,ZHANG J,YUE H,et al. Expert consensus on diagnosis, treatment and management of osteoporotic vertebral compression fracture[J]. Chin J Osteoporos Bone Miner Res,2018,11(5):425-437. Chinese.
- [2] 林华.骨质疏松性骨折的临床评估和术后干预[J].中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志,2017,10(1):2-6.
LIN H. Clinical assessment and postoperative intervention of osteoporotic fracture[J]. Chin J Osteoporos Bone Miner Res,2017,10(1):2-6. Chinese.
- [3] 赵勇,秦伟凯.重视股骨颈骨折的评估与内固定治疗的若干问题[J].中国骨伤,2021,34(3):195-199.
ZHAO Y,QIN W K. Focus on the evaluation and some questions of internal fixation for femoral neck fracture[J]. China J Orthop Traumatol,2021,34(3):195-199. Chinese.
- [4] SI L,WINZENBERG T M,JIANG Q,et al. Projection of osteoporosis-related fractures and costs in China:2010-2050[J]. Osteoporos Int,2015,26(7):1929-1937.
- [5] SCHWAIGER B J,GERSING A S,BAUM T,et al. Bone mineral density values derived from routine lumbar spine multidetector row CT predict osteoporotic vertebral fractures and screw loosening[J]. AJNR Am J Neuroradiol,2014,35(8):1628-1633.
- [6] RAM G G,GOVARDHAN P. In-hospital mortality following proximal femur fractures in elderly population[J]. Surg J,2019,5(2):e53-e56.
- [7] 中华医学会骨质疏松和骨矿盐疾病分会.中国骨质疏松症流行病学调查及“健康骨骼”专项行动结果发布[J].中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志,2019,12(4):317-318.
OSTEOPOROSIS AND BONE MINERAL SALT DISEASE BRANCH OF CHINESE MEDICAL ASSOCIATION. Epidemiological investigation of osteoporosis in China and the release of the results of the special action of "healthy bones"[J]. Chin J Osteoporos Bone Miner Res,2019,12(4):317-318. Chinese.
- [8] 陈华芳,李珊珊,郭兴满,等.老年人髋部骨折股骨近端骨质 CT 测量的意义[J].中国矫形外科杂志,2021,29(18):1706-1708.
CHEN H F,LI S S,GUO X M,et al. CT measurement of proximal femoral bone quality for evaluation of hip fractures in the elderly[J]. Orthop J China,2021,29(18):1706-1708. Chinese.
- [9] 夏纪伍,康斌,王德利,等.股骨距骨密度变化对老年髋部骨折类型的影响研究[J].中华骨与关节外科杂志,2020,13(4):295-298.
XIA J W,KANG B,WANG D L,et al. Influence of bone mineral density of calcar femorale on the type of hip fractures in the elderly[J]. Chin J Bone Jt Surg,2020,13(4):295-298. Chinese.
- [10] LUO Y H,YANG H J. Comparison of femur stiffness measured from DXA and QCT for assessment of hip fracture risk[J]. J Bone Miner Metab,2019,37(2):342-350.

(收稿日期:2023-01-30 本文编辑:李宜)